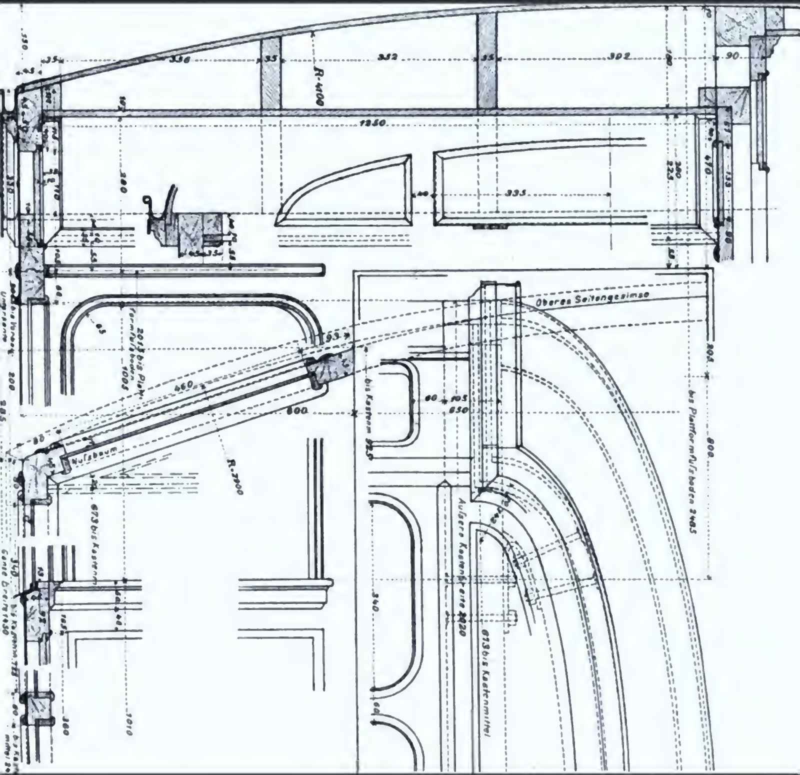


Handbuch der elektrischen Eisenbahnen. ...

Ernst Conrad Zehme

HANDBUCH

DER

ELEKTRISCHEN EISENBAHNEN.

HANDBUCH

DER

ELEKTRISCHEN EISENBAHNEN

IN VIER BÄNDEN

BEARBEITET

VON

E. C. ZEHME.

ERSTER BAND:

DIE BETRIEBSMITTEL DER ELEKTRISCHEN EISENBAHNEN.

MIT 315 ABBILDUNGEN IM TEXTE UND 66 LITHOGRAPHIERTEN TAFELN.

WIESBADEN

C. W. KREIDEL'S VERLAG

1903.

DRUCK DER KGL. UNIVERSITÄTSDRUCKEREI VON H. STÜRTZ IN WÜRZBURG.

Vorwort.

Das vorliegende Handbuch soll dem Studierenden und dem ausübenden Ingenieur als Leitfaden dienen. Es setzt allgemeine Kenntnisse des Maschinenbaues, der Elektrotechnik und des Eisenbahnwesens voraus. Der Verfasser wurde bei der Zusammenfassung des umfangreichen Stoffes, den er schon als Mitarbeiter der Eisenbahntechnik der Gegenwart[1]) bearbeitete, dort jedoch nur in den Umrissen behandeln konnte, durch die Erfahrungen seiner vierzehnjährigen Thätigkeit auf diesem Gebiete unterstützt, und er legte besonderen Wert darauf, nicht nur den Gegenstand selbst in seiner heutigen Gestalt vor Augen zu führen, sondern auch die Begründung zu dieser Gestaltung zu geben. Überlebte Ausführungen und Ideen aus der Entwicklungszeit der elektrischen Bahnen wurden nur dann erwähnt, wenn es zum besseren Verständnisse des heute Massgebenden sowie zwecks Vermeidung früher gemachter Fehler erforderlich war. Für rein geschichtliche Zusammenstellungen dieser Entwicklungsarbeiten sind genügend Werke vorhanden.

Während bisher das Augenmerk, wohl zufolge der Neuheit, sich hauptsächlich den elektrischen Bestandteilen elektrischer Bahnanlagen zuwandte und die eisenbahntechnische Seite ohne Weiteres als gleichartig mit der anderer Eisenbahnen erachtet wurde, hat in der weiteren Ausbildung der elektrischen Bahnen deren Eisenbahntechnik allmählich selbständige Formen angenommen, sodass man sie gesondert von derjenigen des allgemeinen Bahnwesens betrachten muss. Dies bezieht sich nicht allein auf die durch den elektrischen Antrieb selbst hervorgerufenen Unterscheidungen, sondern auch darauf, dass im elektrischen Betriebe auch die Bahngattungen ein besonderes Gepräge erhielten. Dass bei alledem in dieser Beziehung zwischen elektrischen und Dampf-Eisenbahnen gewisse Übereinstimmungen herrschen, braucht kaum erwähnt zu werden; es kann jedoch nicht streng genug vor einem planlosen Übergreifen von einem Gebiete in das andere gewarnt werden.

Neben der elektrischen Einrichtung der Bahnanlage wurde daher vom Verfasser auch deren eisenbahntechnischer Teil eingehend behandelt, um so

[1]) Die Eisenbahntechnik der Gegenwart, hrsggb. von Blum, Barkhausen und v. Borries. C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden

mehr, als beide Teile für das betriebstechnische und wirtschaftliche Verhalten der ganzen Anlage gleichwertig von Bedeutung sind und in der Literatur ausreichende Unterlagen für die Ausführung und Unterhaltung des eisenbahntechnischen Teiles elektrischer Eisenbahnen nicht geboten werden. Es sei hier beispielsweise nur an das Fahrzeug der elektrischen Kleinbahnen erinnert.

Eine besondere Behandlung elektrischer Hauptbahnen konnte einstweilen noch nicht gegeben werden, da, obgleich einige Anlagen oder gar nur einzelne Fahrzeuge durch die Bauanstalten zu solchen gestempelt wurden, von Hauptbahnen im Sinne der grossen Bahnen des Durchgangsverkehrs noch nicht gesprochen werden kann. Die erwähnten Anlagen stellen ausnahmslos kleinere, vom bestehenden Netze der Hauptbahnen getrennt betriebene Strecken oder auch nur Verschiebebahnen dar und fanden an geeigneten Stellen des Buches Berücksichtigung.

Es wurde die Darstellung des Stoffes in knappster Form gehalten und in den Abbildungen, die zum grösseren Teile nach Werkzeichnungen der Bauanstalten angefertigt wurden, alles Belanglose fortgelassen.

Im zweiten Bande des Handbuches werden Linienführung, Oberbau und Stromzuführungen nebst Signal- und Sicherheitsvorrichtungen behandelt werden, im dritten Bande Stromerzeugungsanlagen, Bahnhöfe, Wagen- und Lokomotivschuppen, Werkstätten und im vierten Bande Vorarbeiten, Anlage, Unterhaltung, Betrieb und Wirtschaftsrechnung. Für baldiges Erscheinen der weiteren Bände, zu deren Bearbeitung sich der Verfasser die Mitarbeiterschaft anerkannter Fachmänner gesichert hat, wird Sorge getragen werden.

Die Sorgfalt und das Entgegenkommen des Verlegers bei der Drucklegung und Ausstattung des Werkes verdienen an dieser Stelle mit Dank besonders hervorgehoben zu werden.

Nürnberg-Erlenstegen, Oktober 1902.

E. C. Zehme.

Inhalt.

Erster Band.

Die Betriebsmittel der elektrischen Eisenbahnen.

Berichtigung von Druckfehlern.

Seite	Zeile	von	lies	anstatt
Seite 2,	Zeile 14	von unten	lies „kleiner“	anstatt „grösser“.
„ 29,	„ 9	„ oben	„ 30	„ 50.
„ 96,	„ 4	„ „	„ Taf. LXIII	„ Taf. LXIV.
„ 96,	„ 13	„ „	„ Taf. LXIV	„ Taf. LXV.
„ 99,	„ 18	„ „	„ Taf. LXV	„ Taf. LXVI.

Bezeichnungen.

Hauptstrommotor	für Serienmotor.
Reihenschaltung	„ Serienschaltung.
Reihen-Nebenschaltung	„ Serie-Parallelschaltung.
Regler	„ Controller, Fahrschalter.
Regelung	„ Regulierung.
Stromabnehmer	„ Trolley, Kontaktapparat.
Selbstausschalter	„ Automat.
Triebwagen	„ Motorwagen.
Plattform	„ Perron.
Untergestell	„ Truck.
Speicher	„ Akkumulator, Sammler.
Verschieben	„ Rangieren.
Krümmung	„ Kurve.
Bewegungswiderstand	„ Traktionskoeffizient, Zugwiderstand.
Stromschluss	„ Kontakt.
Arbeitsvermögen	„ Energie.
Höhe	„ Ordinate.
Weite	„ Abscisse.
Achsenkreuz	„ Koordinatensystem.

Betriebsmittel der elektrischen Eisenbahnen.

Unter Betriebsmitteln einer Bahnanlage versteht man deren zur Beförderung von Personen und Gütern dienenden Teil, mithin das sog. rollende Material. Man unterscheidet bei den Fahrzeugen zwei Bestandteile: Das Fahrzeug selbst und seine elektrische Einrichtung.

I. Das Fahrzeug.

Die Eigenart des elektrischen Betriebes ermöglicht es, das zur Aufnahme des Fördergutes dienende Fahrzeug in den meisten Fällen auch mit dem elektrischen Antriebe selbst auszustatten, sodass Lokomotiven nur unter besonderen Bedingungen angewandt zu werden brauchen [1]. Beide Arten von Fahrzeugen können zur Mitnahme von Anhängewagen dienen. Man wird also Triebwagen (Motorwagen) von Lokomotiven und Anhängewagen (Anhängern) zu unterscheiden haben.

I. A. Triebwagen.

Die Triebwagen stellen in ihrem Äussern gewöhnliche Personen- oder Güterwagen dar, deren Laufachsen jedoch zum Unterschiede gegen diese durch elektrischen Antrieb angetrieben werden. Das Laufwerk oder Untergestell bedarf deshalb einer von gewöhnlichen Wagen abweichenden Ausbildung.

A. 1. Übersicht der verschiedenen Bauarten von Triebwagen.

Während die Fahrzeuge in der Anfangszeit des elektrischen Betriebes den Wagen der durch diesen verdrängten Pferdebahnen nachgebildet waren, haben sich in der darauf folgenden Entwickelung viele Abweichungen notwendig gemacht, welche

[1] Siehe Verwendungsgebiet der Lokomotiven.

hauptsächlich darauf hinzielten, die Fahrzeuge dem Massenverkehre, sowie dem mechanischen Antriebe und der erhöhten Fahrgeschwindigkeit anzupassen.

Zu den zweiachsigen Wagen gesellten sich nach dem Vorgange der durch die amerikanischen Bahnen beeinflussten Dampfbahnen bald die vierachsigen oder Drehgestell-Wagen und auch dreiachsige Fahrzeuge haben stellenweise Anwendung gefunden.

Allgemeines über die Wagenbauart.

Die äussere und innere Ausstattung der Fahrzeuge unterliegt dem jeweiligen Ermessen der Erbauer oder Behörden. Von grösserer Bedeutung sind die Sicherheit und die Ruhe der Fahrt, für welche die Lagerung und Führung der Räder und die Verteilung der Massen am Wagen massgebend sind. Die Radachsen müssen in senkrechter Richtung und quer zur Wagenlängsmitte so nachgiebig gelagert werden und es ist der Raddruck so zu bemessen, dass die Räder dem, auch unvollkommen verlegten Gleise allseitig zu folgen imstande sind. Zu harte Federung und geringe axiale Beweglichkeit der Achsen führen zu Entgleisungen, mindestens zu einem unruhigen Gange. Hohe Schwerpunktslage und an die Wagenenden verteilte Massen bewirken Wanken (pendelnde Bewegungen des Wagenkastens in der senkrechten Querebene), Schlingern (schlangenförmige Bewegungen in der wagerechten Ebene) und Nicken (Bewegungen in der senkrechten Längsebene). Derartigen Bewegungen sind Strassenbahnwagen mit ihren kurzen Achsständen und ihren Plattformen besonders ausgesetzt. Lokalbahnen verhalten sich, entsprechend gebaut, mehr wie die Dampfbahnen, zumal ihre Gleise besser als die der Strassenbahnen angelegt und gepflegt werden.

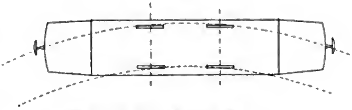
Zwei- und mehrachsige Triebwagen.

Die Wahl unter den verschiedenen Wagenarten hängt von der vorhergehenden Bestimmung der Grösse des Wagenkastens ab. Man wird sich, soweit als möglich zweiachsiger Fahrzeuge bedienen und erst, wenn die Verhältnisse es erfordern, zu mehrachsigen Wagen übergehen, bei denen, gleicher Fassungsraum vorausgesetzt, das tote Gewicht auf die zahlende Person grösser als bei jenen ausfällt. Die Grössen, welche gegen die beliebige Vergrösserung des zweiachsigen Wagens sprechen, sind: Der Achsstand, d. i. die Entfernung der Achsmittel von einander, der Überhang der Wagenenden über die Achsmittel und der Wagenmitte über die Gleisaxe in scharfen Krümmungen, der Raddruck und die Grösse des Antriebes.

Der Achsstand beeinflusst insbesondere bei unvollkommener Gleislage unmittelbar die Ruhe der Fahrt. Er ist im Allgemeinen so gross als möglich anzunehmen. Seine Bemessung hängt von den Gleiskrümmungen und der Lagerung der Achsen im Untergestelle ab. Sind die Achsen nur in senkrechter, der Durchbiegung der Wagenfeder folgender Richtung beweglich, in welchem Falle man sie starre Achsen nennt (Textabb. 1), so soll der Achsstand kleiner sein, als wenn die Achsen auch in seitlicher Richtung verschiebbar sind, welche Achsen man als Lenkachsen bezeichnet (Textabb. 2). Die bei elektrischen Kleinbahnen mit Rücksicht auf günstige Linienführung wünschenswerten und bei Strassenbahnen unum-

gänglichen scharfen Gleiskrümmungen setzen dem Achsstande bald eine Grenze. In umstehender Zahlentafel 1 sind für die zwei Arten der Achslagerung und für die meist vorkommenden Gleiskrümmungen die Achsstände angegeben, welche sich als noch eben zulässig erwiesen haben. Über diese Gleiskrümmungen hinaus können die „Grundzüge für den Bau und Betrieb der Lokaleisenbahnen" Anwendung finden.

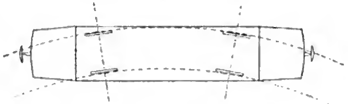
Abb. 1.



Wagen mit starren Achsen. M. 1 : 100.

Über die Spurerweiterung und die hier und da zu findende Spurverengung bei Rillen- und Vignolesschienen ist unter Bemerkungen zu der Zahlentafel I das Weitere zu ersehen. Spurerweiterung ist bei den mehrteiligen Haarmann-Schienen möglich, während man die Spurerweiterung bei einteiligen Rillenschienen wegen der Kostspieligkeit unterlässt. Die Achsstände gelten für die Spurweite von 1 m. Bei Normalspur (1435 mm) sind dieselben etwas kleiner anzunehmen.

Abb. 2.



Wagen mit Lenkachsen. M. 1 : 100.

Für die **Ermittelung des Kastenüberhanges** (Textabb. 1 und 2) sind das Lichtraumprofil der Bahnanlage und die Ruhe der Fahrt massgebend. Das Lichtraumprofil ist bei den einen eigenen Bahnkörper nicht besitzenden Bahnen, deren Linienführung durch öffentliche Strassen und deren Bebauungen bestimmt wird, an enge Grenzen gebunden und wird nicht nur durch den Überhang der Kastenenden, sondern auch der Kastenmitte bei der Fahrt durch Gleiskrümmungen ermittelt. Neben dieser Rücksichtnahme kommt für den Überhang jene auf die Ruhe der Fahrt erst dann in Betracht, wenn letztere bei einem, noch in das Lichtraumprofil fallenden Überhange gefährdet wird. Die Erscheinungen, welche bei grossem Kastenüberhange während der Fahrt, besonders bei mangelhafter Gleislage, auftreten, bestehen in dem Schleudern des Wagens bei der Einfahrt in Gleiskrümmungen, sowie in dem Nicken und Schlingern des Wagens, d. h. den schlangenähnlichen Bewegungen im senkrechten bezw. wagerechtem Sinne. Während die erstgenannten Bewegungen die Annehmlichkeit der Fahrt beeinträchtigen, erfahren die Plattformen der Wagen in den unvermittelten Gleiskrümmungen eine plötzliche Seitenbewegung, die sich für die Fahrgäste nicht nur unlieb bemerkbar macht, sondern stellenweise auch ein Herabschleudern von Personen zur Folge hatte. Diese Verhältnisse werden nicht viel besser, wenn an den Plattformdecken Riemenschleifen zum Anhalten angebracht werden, weil man diese Handgriffe in Fällen der Gefahr nicht schnell genug ergreifen kann. Weiterhin hat ein grosser Kastenüberhang bei scharfen Bremsungen eine Entlastung der hinteren Achse und hiermit unter Umständen deren Entgleisung zur Folge.

Zahlentafel I.
Achsstände.

Halbmesser der kleinsten Gleiskrümmung in m			5	7	10	12	15	17	20	25	30	40
Grösste Achsstände in m	Bei starren Achsen	$\alpha = 3°$	0,53	0,73	1,10	1,27	1,60	1,80	2,13	2,67	3,20	4,25
		$\alpha = 3° 20'$	0,60	0,86	1,20	1,40	1,75	1,93	2,30	2,85	3,40	4,50
	Bei Lenkachsen		—	—	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	4,00	4,50	—

Bemerkungen. Die Achsstände der starren Achsen sind auf Grund gebräuchlicher Anlaufwinkel α (Winkel zwischen der Radebene und der Tangente an den äussern Schienenstrang im Berührungspunkte) ermittelt. Da mit diesen beträchtlich grossen Winkeln erfahrungsgemäss ein grosser Kraftverlust und eine starke Rad- und Schienenabnutzung in Gleiskrümmungen verknüpft sind, empfiehlt es sich, die in der Zahlentafel als äusserst zulässig aufgeführten Achsstände bei Gleiskrümmungen über 15 m zu verringern. Der Anlaufwinkel $\alpha = 3° 20'$ ist nicht als Muster, sondern nur deshalb aufgenommen, weil er bei einigen elektrischen Strassenbahnen thatsächlich zur Anwendung gekommen ist. Spurerweiterung ist im Allgemeinen innerhalb obiger Werte theoretisch nicht erforderlich, mit Rücksicht auf Ungenauigkeiten in der Spurweite der Räder und Gleise aber nützlich. Spurerweiterung bei Rillenschienen ist nur bei gleichzeitiger Erweiterung der Rille um das gleiche Mass zulässig. Spurverengung ist, auch bei Rillenschienen, zu verwerfen.

Die Achsstände für Lenkachsen sind erprobten Betrieben entnommen und zeigen, wie vorteilhaft die Verwendung von Lenkachsen bei kleinen Gleiskrümmungen ist.

Kommen kleine Gleiskrümmungen nicht in regelmässig befahrenen Betriebsgleisen, sondern nur in Zufahrts- oder Verschiebegleisen vor, so können die grösstzulässigen Achsstände unbedenklich zur Anwendung gelangen.

Die Achsstände der Lokalbahnen mit Gleiskrümmungen über 40 m können nach den Grundzügen für den Bau und Betrieb der Lokaleisenbahnen bestimmt werden.

Zahlentafel II.
Raddrucke bei Strassenbahnen.

Bahn		Raddruck (Wagen besetzt) t	Schienen (Gewicht d. lfd. m)	Verlegung der Schiene
Grosse Berliner Strassenbahn	2 achsige Speicherwagen	3,00	Rillenschiene (50,5 k) und Haarmann Wechselsteg-Schiene (46,0 k)	Ohne Schwellen auf Beton bei Asphaltpflaster und auf Packlage mit Steinschlag bei Steinpflaster
	Drehgestell-Speicherwagen	2,00		
Dresden	2 achsige Hochleitungswagen	2,75	Rillenschiene (42,0 k)	Ohne Schwellen auf Packlage mit Steinschlag
	2 achsige Speicherwagen	3,15		
Hamburg (Centralbahn)		2,50	Rillenschiene (53,0 k)	Ohne Schwellen auf Beton
Aachener Kleinbahn	Stadtlinien	2,0	Rillenschiene (40,0 k)	Ohne Schwellen auf Steinschlag mit Kies
	Vorortslinien	2,0	Vignolesschiene (20,0 k)	Auf eisernen Querschwellen auf Kies

Bemerkungen. Für die Grösse des Raddruckes sind nicht nur Gewicht und Unterbettung der Schiene bestimmend, sondern auch die Bauart des Schienenstosses, die Vorkehrungen gegen Unterwässerung der Gleise, die Bauart (Federung) des Untergestelles (s. S. 7 bis 10) und die Aufhängung des Motors im Untergestelle. Im Übrigen gehen die Strassenbahnverwaltungen gegenüber der Öffentlichkeit und den Behörden in der Vernachlässigung der Gleise aus übertriebener Sparsamkeit oft unzulässig weit.

Die hohen Raddrucke der grossen Wagen amerikanischer Strassenbahnen sind mit Rücksicht auf die dort gebräuchliche Verlegung der Schienen auf dichtgesetzte, hölzerne Querschwellen erklärlich.

Der Raddruck von Lokalbahnen kann nach den Grundzügen für den Bau und Betrieb der Lokaleisenbahnen bestimmt werden.

Schliesslich steht auch die Kupplungsfrage mit dem Überhange in Verbindung. Die Übertragung des Zuges und Schubes auf den Anhänger soll ohne merkliche Rückwirkung auf beide Wagen erfolgen, was um so eher möglich ist, wenn der Angriffspunkt der Zug- und Stossvorrichtung nicht zu nahe an den Wagenenden liegt. Drehbare Kupplungsstangen leisten hierbei nur bis zu einem gewissen Grade Abhilfe[1]).

Für den **Raddruck** ist bisher eine Ermittlung der Grenzwerte nicht erfolgt. Eine solche begegnet bei den bisher gebauten Klein- und Strassenbahnen wegen deren von einander abweichender Wagengewichte und Verlegung und Bettung der Gleise erheblichen Schwierigkeiten. Nebenstehender Zahlentafel II können einige Erfahrungswerte entnommen werden. Übersteigt der Raddruck eines mit zwei Achsen angenommenen Wagens die zulässigen Grenzen, so ist ein mehrachsiger Wagen am Platze.

Dasselbe ist beim **Antriebe** der Fall, für den bei Triebwagen die Anzahl der Achsen und der zwischen und über den Rädern verfügbare Raum massgebend sind. Es treten hier Fälle ein, in denen die Mitnahme von Anhängern auf bergigem Gelände oder auch schon in der Ebene wegen der unzureichenden Zugkraft eines zweiachsigen Triebwagens ausgeschlossen ist. Man hat sodann zwischen den beiden Möglichkeiten die Wahl: entweder in die Anhänger Antriebe einzubauen und deren Regelung zur Vermeidung des zweiten Wagenführers vom Triebwagen aus vorzunehmen oder den letzteren mit vier Achsen und vier Motoren auszurüsten. Wenn es sich nur um wenige Anhänger handelt, verdient der vierachsige Wagen den Vorzug.

Erweist sich nun ein, unter Beobachtung der hier aufgezählten Gesichtspunkte entworfener Wagen mit zwei starren Achsen für die Bewältigung eines bestimmten Verkehres als nicht genügend, so sind entweder Anhänger mitzunehmen oder von vornherein Wagen mit Drehgestellen oder Lenkachsen zu wählen. Die letzteren sind erheblich billiger als die ersteren, auch schon seit kurzer Zeit hier und da mit gutem Erfolge im Betriebe, sodass ihre allgemeine Verwendbarkeit nur empfohlen werden kann[2]).

Für Bahnen, die nur zeitweise, z. B. mittags oder abends grösseren Verkehrsandrang aufweisen, ist die Notwendigkeit der Verwendung teurer Drehgestellwagen nicht ohne Weiteres gegeben. Es ist für sie in Anschaffung, Stromverbrauch und Unterhaltung jedenfalls vorteilhafter, in jenen Betriebsstunden den dem gewöhnlichen Verkehre genügenden zweiachsigen Triebwagen einen Anhänger beizugeben. Dieses trifft selbst unter der Annahme eines eigenen Schaffners für die Anhänger noch zu.

Ausser den vorgenannten Anhaltspunkten können bei der Wahl unter zwei- und mehrachsigen Wagen und Anhängern noch die schnelle Entleerung des Wagens und die Einrichtung zweier Klassen oder eines Gepäckabteiles in Betracht kommen. Die erstere ist eine hauptsächlich bei Stadtbahnen mit Schnellverkehr auftretende Bedingung und berührt, da man diese, auf eignem Bahnkörper laufenden Wagen meist auch mit entsprechend grossen Achsständen versehen kann, nicht die

[1]) Weiteres darüber siehe Zug- und Stossvorrichtungen.

[2]) Siehe Lenkachsen.

oben genannte Frage, sondern vielmehr die der Bauart des Wagenkastens selbst. Übrigens spricht hier wohl mehr die Ruhe der Fahrt für Drehgestellwagen.

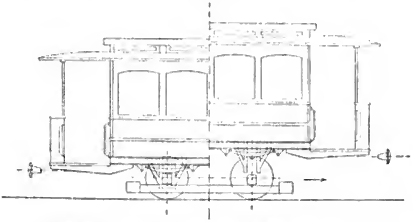
Die Einrichtung mehrerer Klassen oder eines Gepäckabteils weist allerdings, sofern sie an ein und demselben Wagen getroffen werden soll, auf grössere Kasten, für die nach Feststellung der Achsstände, Achsdrucke, Antriebszahl u. s. f. gegebenenfalls Drehgestelle oder Lenkachsen zu wählen sind.

A. 2. Untergestelle.

2. a. Zweiachsige Untergestelle der Strassenbahnen.

Das Untergestell zweiachsiger Wagen für Strassenbahnbetrieb wird heute grösstenteils noch selbständig d. h. mit dem Wagenkasten nicht untrennbar verbunden, ausgeführt. Es kann mithin nach Aufheben des Wagenkastens unter diesem hervorgezogen und mit allen Antriebsteilen freigelegt werden. Diese Ausfahrbarkeit des Untergestelles war bei den einteiligen Motoren früherer Bauart und Unvollkommenheit wegen deren leichter Untersuchung, Auswechslung und Wiederherstellung allerdings sehr zweckmässig und gab auch den unmittelbaren Anlass, das bei den ersten elektrischen Bahnen mit dem Wagenkasten fest verbundene Untergestell von jenem zu trennen. Bei den zweiteiligen, aufklappbaren Motoren der Neuzeit dagegen ist sie weniger erforderlich, weil der Motor durch einfaches Aufklappen zugänglich gemacht werden kann. Fahrzeuge mit solchen Klappmotoren können deshalb nach Art der Wagen der Dampfbahnen erheblich einfacher und leichter gehalten werden; für die. Untersuchung der Motoren genügt dann deren Aufklappen nach unten oder in den geöffneten Wagenfussboden hinein; bei grösseren Arbeiten dagegen, z. B. Ausbauen des ganzen Motors, lässt sich der Wagenkasten, wie Textabb. 3 zeigt, immer noch ohne grösseren Zeitverlust und Umständlichkeiten vom Laufwerke abheben. Viele Bahnbetriebe ziehen es sogar bei ausfahrbaren Untergestellen vor, anstatt den Wagenkasten allein nach Lösung der grossen Zahl von Verbindungen mit dem Untergestelle abzuheben, den ganzen Wagen aufzuwinden und nur die Achsen mit den zu behandelnden Motoren unten zu lassen.

Abb. 3.



Ausfahren des Laufwerkes bei festen Untergestellen. M. 1 : 75.

Die festen Untergestelle besitzen gegenüber den ausfahrbaren so grosse Vorteile, dass sie mit der Zeit an Verbreitung gewinnen und die letzteren verdrängen werden, umsomehr als man heute im Baue guter, weniger der Beobachtung und Unterhaltung bedürftiger Motoren sicher geht. Die früher gefürchteten Übertrag-

ungen des Motors- und Triebwerksgeräusches auf den Wagenkasten, die Erschütterungen des Motors und dessen schwierigere Untersuchung treten, wie verschiedene Ausführungen neuerer Zeit bewiesen haben, nicht auf.

Die grosse Zahl der heute bestehenden Untergestelle lässt sich leicht nach dem Gesichtspunkte überblicken, der für die Beurteilung des Wagens in erster Linie massgebend ist: nach der Lagerung des Wagens auf den Radachsen d. h. nach der Federung. Ob es sich dabei um ausfahrbare oder feste Untergestelle handelt, ist gleichgültig, weil diese Frage lediglich die Ausführung der Rahmen und des Trägerwerkes betrifft.

Es sind hiernach zu trennen:

Untergestelle mit abgefedertem Wagenkasten,
Untergestelle mit abgefederten Radachsen,
Untergestelle, die aus der Verbindung vorgenannter Klassen entstanden sind.

Die Untergestelle mit abgefedertem Wagenkasten beherrschen heute noch das Feld, obwohl die Nachteile ihrer Bauart offen zu Tage liegen. Mit diesem Namen werden die Untergestelle derjenigen Wagen bezeichnet, bei denen die Federung hauptsächlich zwischen dem Untergestelle und Wagenkasten sich befindet, im Gegensatze zu den Fahrzeugen, bei denen sie zwischen Untergestelle und Radachsen angebracht ist. Vorliegende Klasse von Untergestellen entwickelte sich aus der vom Pferdebahnwagenbau herübergenommenen Grundform. Der Wagenkasten ruht (Abb. 1, Taf. I) mit Schraubenfedern auf den Achsbuchsen. Diese sind in zwei, mit dem Wagenkasten verbundenen Rund- oder Winkeleisen geführt. Solche Fahrzeuge, welche heute als Überbleibsel der durch den elektrischen Betrieb verdrängten Pferdebahnen nur noch als Anhänger dienen, rüstete man anfänglich in der That mit elektrischem Antriebe aus und lagerte denselben, wie Abb 2, Taf. I zeigt, auf ein mit den Achsbuchsenführungen verbundenes Trägerwerk.

Diese Auflagerung des Antriebes erwies sich den Wirkungen der ruhenden und zusätzlichen Kräfte des Antriebes nicht gewachsen und man legte deshalb über die Achsbuchsen kräftige Träger a (Abb. 3, Taf. 1), welche die Querträger der Motorlagerung aufnahmen. Diese, von der Bemis Car Box Co. in Springfield Mass. angegebene Bauart wurde, ausser bei amerikanischen Bahnen, noch bei der nach der Bauart Thomson-Houston 1890 ausgeführten Strassenbahn Bremen angewandt. Nach demselben Modelle erbaute die Wagenfabrik Herbrand & Cie., Köln-Ehrenfeld, die Wagen der Strassenbahnen Halle (1890) und Gera (1892).

Einen weiteren Schritt machte Bemis dadurch, dass er den Wagenkasten unmittelbar auf den über die Achsbuchsen gelegten, bisher nur zur Motorlagerung dienenden Träger lagerte (Abb. 4, Taf. 1). Diese Bauart ist bis heute bei der hier behandelten Klasse von Untergestellen vorherrschend; sie lässt sich wie folgt kennzeichnen:

Auf den Achsbuchsen lagert mittels eines untergeordneten Federwerkes ein aus zwei Langträgern und deren Querverbindungen bestehender Rahmen, auf dem mittels eines zweiten reich ausgebildeten Federwerkes der Wagenkasten ruht.

Abb. 5 bis 8 Taf. I und Abb. 1 bis 4 Taf. II stellen die Hauptvertreter dieser Bauart in Umrisslinien dar, an welche sich noch eine grosse Anzahl anderer Aus-

bildungen anlehnt. Auf Taf. IV und Taf. V sind zwei vollständige Untergestelle veranschaulicht, die mit Rücksicht auf ihre Zusammensetzung die ganze Klasse vertreten. Insbesondere ist es das Mc. Guire-Untergestell (Taf. V), welches, in Deutschland viel angewandt, daselbst eine Unmenge anderer Bauarten hervorrief, die wohl als sog. Verbesserung diese oder jene kleinen Abänderungen aufweisen, im grossen Ganzen aber alle die im Nachfolgenden angegebenen Grundfehler der Klasse an sich tragen. Einmal sind die Federn, mit welchen die Untergestellrahmen auf den Achsbuchsen lagern, nicht ausreichend, um die Achsen von der grossen Masse des Rahmens frei zu halten; es entbehren deshalb die Radachsen infolge der erhöhten Trägheit bei dem Laufe über Gleisunebenheiten der notwendigen Nachgiebigkeit, wodurch der Rahmen an allen Achsbewegungen teilnimmt. und der Gang des Fahrzeuges hart und stossend wird. Sodann besitzt der mit einer übergrossen Zahl von Federn auf dem Untergestellrahmen gelagerte Wagenkasten zu wenig Halt, sodass er bei den schwingenden Bewegungen des von den Achsen mitgenommenen massigen Rahmens nach allen Richtungen in langanhaltende Schwingungen gerät. Schliesslich ist in der Verwendung der Schraubenfeder zur Abfederung der Radachsen ein Fehler zu erblicken, da diese Feder wegen der starken Nachschwingungen und grossen Querbeweglichkeit die schädlichen Kastenbewegungen vergrössert. Die zwischen Wagenkasten und Untergestelle angebrachten Mitnehmer (z. B. Abb. 1 Taf. II) halten wiederum die Quer- und Längsbewegungen in zu weitgehendem Masse auf, sodass sich die Stösse des Untergestelles unmittelbar bis zum Wagenkasten fortpflanzen [1]).

Die erhöhten Fahrgeschwindigkeiten der elektrischen Strassenbahnen, sowie der mangelhafte Zustand der von den Pferdebahnen herübergenommenen und nur unvollkommen unterstopften und unterhaltenen, sowie bei Neuanlagen oft zu schwach angelegten und unterbetteten Gleise liessen diese Fehler besonders hervortreten und gaben Veranlassung, die Zahl der Federn zwischen Untergestellrahmen und Wagenkasten immerfort zu erhöhen. Die hierbei zu Hilfe genommene konsolartige Verlängerung des Untergestellrahmens und bis an die Kastenenden ausgedehnte Unterschiebung von Federn aller Art (Taf. V) tragen zum guten Gange des Wagens nichts bei, da hierfür in erster Linie die Grösse des Achsstandes und die Art der Federung des Rahmens auf den Achsbuchsen massgebend ist [2]).

Die gute Bauart eines Untergestelles, mag es nun einem kurzen, langen, schweren oder leichten Wagen angehören, hängt nicht von der Anzahl der Federn ab, sondern von deren richtiger Verteilung. Die Hauptbedingung besteht in der ausreichenden unmittelbaren Abfederung der Achsen selbst; ist eine solche vorhanden, so genügen zwischen Wagenkasten und Untergestelle wenig kurze und starke Federn oder auch Filz- und Gummiplatten.

[1]) Mit welchem geringen Verständnisse man derartigen Zuständen begegnete, bewies u. A. eine Strassenbahn dadurch, dass sie die zwischen Achsen und Untergestellrahmen befindlichen kurzen Schraubenfedern wegen der Schwingungen des Wagens gänzlich entfernte und durch Holzeinlagen ersetzte.

[2]) Für eine Strassenbahn im Königreiche Sachsen wurde vorgeschrieben (1898): „Die Abfederung der Wagen erscheint am günstigsten, wenn der Längsträger des Untergestelles möglichst weit über die Radachsen hinausgeführt wird und am Ende dieses Trägers kräftige Doppelblattfedern neben den ausserdem angebrachten Spiralfedern den Wagenkasten unterstützen" !

Die Erscheinung, dass die Untergestelle mit abgefedertem Wagenkasten sich so schnell einbürgern und lange erhalten konnten, findet darin ihre Erklärung, dass bei Vorlage der Zeichnungen die Behörden, Betriebsleiter u. s. w., welche dem neuen Betriebe meist nur als Laien gegenüberstehen, sich durch die reich mit Federn ausgestattete Wagenbauart bestechen liessen[1]). Allen Anzeichen nach dürfte jedoch die schon durch eine grosse Mannigfaltigkeit auffallende Bauart sich bald überlebt haben. Weiter zu gehen, als die in Abb. 1, Taf. II und Taf. V angegebenen Untergestelle bezüglich der Zusammenpferchung von Federn aller Art es thun, ist wohl nicht möglich, und wenn dann der Wagen noch immer einen unruhigen Gang aufweist oder die Bau- und Unterhaltungskosten des Fahrzeuges und der Gleise immer mehr anwachsen, so kann eine Verbesserung der Verhältnisse nur in der Wahl einer grundsätzlich anderen Federanordnung herbeigeführt werden.

In die Klasse der **Untergestelle mit abgefederten Radachsen** gehören alle die Untergestelle, deren Radachsen gegen den Untergestellrahmen in dem Masse abgefedert sind, dass sie beträchtliche Bewegungen im senkrechten Sinne ohne wesentliche Rückwirkung auf den Rahmen ausführen können.

Diese Bauart wird durch Abb. 5 bis 7, Taf. II in Umrisslinien veranschaulicht. Bei derselben findet nach dem Vorbilde der Dampfbahnen als Achsenfeder die einfache Blattfeder Verwendung, welche sich durch richtige Bemessung ihrer Länge und Zusammensetzung so nachgiebig gestalten lässt, dass sie die Radstösse allein aufnimmt, wobei ihre innere Reibung d. h. die Reibung zwischen ihren einzelnen Blättern als Dämpfung dient und die Überschwingungen verhindert. Die Feder beruhigt sich daher in weit kürzerer Zeit als die Schraubenfeder. Die Nachgiebigkeit der einfachen Blattfeder gegen Querbewegungen des Wagens genügt vollkommen zur Sicherung eines weichen Ganges auch in Gleiskrümmungen. Auf Taf. VI bis Taf. IX. sind vollständige Untergestelle in den für diese Klasse eigentümlichen Bauarten dargestellt. Wenn die von der Masch. Act.-Ges. Nürnberg in Verbindung mit der E.-A. v. Schuckert & Co. Nürnberg ausgebildeten, ausfahrbaren Untergestelle (Taf. VI für leichte, Taf. VII für schwere Wagen) schon eine Anlehnung an die Fahrzeuge der Dampfbahnen aufweisen, sind den letzteren die in Taf. VIII und IX angegebenen Untergestelle als nicht ausfahrbarer Bestandteil der Wagen unmittelbar nachgebildet. In beiden Fällen sind zwischen Untergestell und Wagenkasten Gummi- oder Filzstreifen eingefügt. Bei den Untergestellen der Schweiz. Ind.-Ges. Neuhausen, ist der Kasten auf dem Untergestelle dagegen mit kurzen starken Schneckenfedern gelagert (Abb. 7, Taf. II). Die Erfahrung hat gelehrt, dass Gummi- oder Filzstreifen genügen, die kleinen Zitterbewegungen vom Wagenkasten fern zu halten und dass die über den Achsbuchsen angeordneten langen Blattfedern imstande sind, die grösseren Schwankungen bei Gleisunebenheiten allein aufzunehmen.

Der ruhigere Gang der mit solchen Untergestellen versehenen Wagen ist gegenüber den Untergestellen der ersten Klasse unverkennbar und wird wohl dazu beitragen, die grosse Anzahl und das in den letzten Jahren entstandene

[1]) Siehe z. B. „Die elektrischen Strassenbahnen Berlins". Vortrag, gehalten im Vereine für Eisenbahnkunde. Berlin, 14. April 1896. Glasers Annalen Bd. 38. H. 10.

Wirrwarr von Untergestellen der ersten Klasse mit schwach gefederten Achsen und stark abgefedertem Wagenkasten über kurz oder lang zu beseitigen.

Ausser diesen beiden Untergestellarten besteht noch eine dritte, bei welcher **sowohl die Achse als auch der Kasten gegen den Untergestellrahmen in gleich starker Weise abgefedert** ist. Hier sind z. B. die Bauart der Taylor Electric Truck Co., Troy, der Aktienges. Elektrizitätswerke vorm. Kummer & Co., Dresden und von Dupont (The Johnson Comp., Johnstown Pa.) zu nennen (Abb. 8, Taf. II bis Abb. 2, Taf. III). Diese Untergestelle laufen zwar ruhiger als diejenigen der ersten Klasse, haben aber, wie aus Obigem hervorgeht, zu diesem Zwecke mehr Federn angewandt, als unbedingt nötig ist. Die Untergestelle Taylor (Taf. X) sind bei Verwendung kurzer, mehrblättriger Blattfedern zwischen ihrem Rahmen und dem Wagenkasten in ihrem Verhalten den Untergestellen der zweiten Klasse noch am meisten ähnlich.

2. b. Drehgestelle der Strassenbahnen.

Auch unter den Drehgestellen herrscht eine grosse Mannigfaltigkeit von Bauarten. Hier steht jedoch die Federung in ihrer Bedeutung für den ruhigen Lauf des Wagens nicht so im Vordergrunde, wie bei zweiachsigen Fahrzeugen, weil bei vierachsigen Wagen die Unebenheiten des Gleises auf die Achsbewegungen wegen der grösseren Anzahl von Auflagepunkten sich in weit geringerem Masse übertragen. Ein bei elektrischen Strassenbahnen allein hervortretendes Merkmal für die Drehgestelle besteht in der Art der Ausführung des Drehpunktes. Derselbe ist entweder ideell, d. h. wird durch Bogenführungen bestimmt, wobei der ganze Innenraum für den Motor frei bleibt, oder er wird als ein in einem Querstücke, der sog. Wiege gelagerter Zapfen wirklich ausgeführt.

Die Drehgestelle mit ideellem Drehpunkte.

Bei den zuerst in Amerika ausgebildeten Drehgestellen mit ideellem Drehpunkte wird, wie z. B. Abb. 3, Taf. III zeigt, die Drehung des Untergestelles unter dem Wagenkasten durch die Bogenführung 1 und die Seitenrollen 2 bestimmt. Hierdurch wird der der Drehung des Drehgestelles entgegenwirkende Reibungswiderstand nicht unerheblich erhöht, sodass diese Drehgestelle eher, als die mit Drehzapfen versehenen zu Entgleisungen neigen. Infolge des Fortfalles der Wiege kann der Motor bequem innerhalb der beiden Achsen eingebaut werden. Der Drehpunkt O liegt meist über der Triebachse, was mit Rücksicht auf den weiten Ausschlag der Laufachse in scharfen Krümmungen bei unsern, im Vergleiche mit amerikanischen Wagen, kleinen Wagenbreiten unvorteilhaft ist und bei voranlaufender Laufachse deren Entgleisung begünstigt.

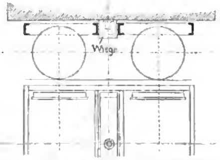
Als weitere Eigentümlichkeit besitzen diese Drehgestelle eine ungleichmässige Belastung der Achsen. Der Drehpunkt liegt zwar über der Triebachse T, dagegen liegt die Belastungslinie weiter der Laufachse V zu und wird durch die Auflage des Kastens auf den seitlichen Führungen A bestimmt. Die Rolle H soll nur zur Sicherheit dienen d. h. bei der Bestrebung der Laufachse zu Entgleisungen zur Anlage an den Wagenkasten kommen. Die Drucke der Vorder- und Hinterachse

verhalten sich in der Regel etwa wie 2 : 1. Die ungleichen Achsdrucke sind nur dann gerechtfertigt, wenn die mehrbelastete Triebachse stärkeren Schienendruck verlangt. Mit dieser Verschiebung der Drucklinie darf indes nur soweit gegangen werden, dass die minderbelastete Achse (Laufachse) unter allen Umständen den der Entgleisung vorbeugenden Druck erhält. Wird die Druckverschiebung zu gross, d. h. kann der Triebachse die der Motorzugkraft entsprechende Belastung wegen daraus folgenden, zu geringen Laufachsdruckes nicht gegeben werden, so ist die Laufachse gleichfalls mit Antrieb auszurüsten d. h. das ganze Gewicht des Wagens als Reibungsgewicht auszunutzen. Es empfiehlt sich, den Durchmesser der Laufräder dem der Triebräder gleich zu machen. Auf Taf. XI ist ein sog. Maximum traction truck der St. Louis Car Co. St. Louis, V. S. A. dargestellt, welches sich durch gedrungene Bauart auszeichnet.

Die Drehgestelle mit ausgeführtem Drehpunkte.

Die meisten Drehgestelle besitzen zwischen beiden Seitenteilen ein auf Federn ruhendes Querstück (Wiege), welches in seiner Mitte den Drehzapfen und an den Seiten die Gleitstücke des Wagenkastens aufnimmt (Textabb. 4). In der Lagerung der Wiege zum Drehgestelle einerseits und des Wagenkastens zur Wiege anderseits herrscht unter den Drehgestellen Verschiedenheit. Es wird jedoch mit Hilfe der hier aufgeführten Hauptarten leicht sein, die Bauarten von einander zu unterscheiden.

Abb. 4.



Allgemeine Darstellung eines Drehgestelles mit Drehzapfen und Wiege.

Die Wiege wird im Drehgestelle mittels senkrechter Gleitbahnen allseitig geführt. Taf. XII giebt ein derartiges Drehgestell von Gebr. Gastell, Mombach (Mainz) wieder, welches für die mit Speichern betriebene, normalspurige Lokalbahn (Strassenbahn) Ludwigshafen-Mundenheim gebaut wurde. Die Wiege ist mit einer langen Blattfeder jederseits am Gestelle aufgehängt; der Wagenkasten ruht auf ihr mit kurzen, starken Schraubenfedern. Bemerkenswert ist die zweckmässige Anordnung der Blattfedern, deren massiges Mittelstück nicht mit dem auf den Achsen ruhenden Gestelle, sondern mit der Wiege fest verbunden ist. Die Motoren (2 Stück in jedem Drehgestelle) liegen nach aussen und werden von einer Querverbindung der Seitenrahmen getragen.

Eine ähnliche Bauart zeigt das dem Diamondtruck ähnelnde Drehgestell von P. Herbrand & Cie., Ehrenfeld-Köln (Taf. XIII). Infolge der Lagerung der Blattfeder unmittelbar auf den Achsbuchsen dienen die Seitenträger lediglich zur Führung der Achsbuchsen und der Wiege. Beide vorgenannten Drehgestelle sind aus Winkel- und Flacheisen hergestellt.

Die Wiege ist quer zur Längsrichtung des Wagens pendelnd im Drehgestellrahmen aufgehängt. Diese bei den vierachsigen Wagen der Dampfbahnen erprobte Bauart eignet sich besonders für die mit scharfen Gleiskrümmungen und schlechter Gleislage rechnenden Strassen- und Kleinbahnen. Die

Hängeisen werden geneigt angeordnet, wodurch die Mittelstellkraft erhöht wird. Taf. XV und XVII zeigen solche Drehgestelle von der Peckham Truck Comp., New-York bezw. von der St. Louis Car Co., St. Louis; bei ersterem wird eine bei Strassenbahnen erwünschte kleine Aussenbreite durch Verlegung der Hauptfedern in die Mitte der Wiege erreicht.

Drehgestell mit festem Drehpunkte ausserhalb der Radsätze werden von Joh. Weitzer, Graz und der St. Louis Car Co. gebaut. Taf. XVI zeigt das Weitzersche Drehgestell, welches bei den Bosnisch-Herzegowinischen Bahnen ausgedehnte Verwendung gefunden und sich dort gut bewährt hat. Der Druck des Wagenkastens überträgt sich auf das Drehgestell durch einen Rollenkranz. Der Vorteil dieser Bauart vor den Drehgestellen mit zwischen den Radachsen liegendem Drehpunkte beruht auf der besseren Einstellung der Zug- und Stossvorrichtungen in Gleiskrümmungen. Das Louis-Drehgestell (Taf. XI) lehnt sich an das Weitzersche an. Drehzapfen und Rollenkranz sind in einem gegen den Drehgestellrahmen federnden, den Motor umschliessenden Rahmen aus Stahlguss gelagert, welcher um eine quer zur Wagenlängsachse liegende Achse drehbar ist und den Bewegungen des Wagenkastens allseitig folgt.

Die Wiege ist im Drehgestellrahmen fest gelagert. Abb. 4, Taf. III giebt ein solches Drehgestell an, welches bei den Kleinbahnen im Landkreise Aachen im Betriebe ist. Von allen Bauarten der Drehgestelle ist diese die unvorteilhafteste. Der Wagenkasten hat starke Verwindungen auszuhalten, da die Auflageflächen für ihn in den Drehgestellen an den Querbewegungen der letzteren teilnehmen. Ausserdem ist der Wagenkasten nicht genügend abgefedert.

Einachsige Drehgestelle. Die nur aus einer, in einem Rahmen gelagerten Achse bestehenden Drehgestelle sind besonders von de Rechter ausgebildet worden und u. A. bei den mit Speichern betriebenen Motorwagen der elektrischen Strassenbahn Paris-St. Denis, sowie den, vorderhand noch mit Dampf betriebenen Chemins de fer vicinaux (Belgien) angewandt worden. Dass sie sich weiter verbreiten werden, muss angesichts der neuerlichen Bestrebungen, freie Lenkachsen an elektrisch betriebenen Wagen anzuwenden, sehr bezweifelt werden.

2. c. Zweiachsige Untergestelle und Drehgestelle der Lokalbahnen.

Die auf eignem Bahnkörper mit Fahrgeschwindigkeiten bis 40 km/Std. verkehrenden Lokalbahnen werden mit schwereren und grösseren Wagenkasten versehen, als die Strassenbahnen. Ein Abheben des Wagenkastens ist deshalb hier nicht angebracht, sodass nur feste, d. h. nicht ausfahrbare Untergestelle zur Ausführung kommen. Dieselben unterscheiden sich von den bei Dampfbahnen üblichen Bauarten nur in den grösseren Abmessungen der die Fortbewegung des Fahrzeuges bewirkenden Teile. Als Wagenfeder kommt ausnahmslos die einfache Blattfeder zur Verwendung.

Taf. XVIII stellt die von der Lokalbahn-Act.-Ges., München für die Lokalbahn Meckenbeuren-Tettnang entworfene Bauart eines zweiachsigen Untergestelles dar. Für Drehgestelle können Taf. XII und Taf. XIX als Muster dienen; letzteres ist von der genannten Gesellschaft i. J. 1900 auf der Isarthalbahn in Be-

trieb gesetzt worden und entspricht in seiner allgemeinen Bauart dem üblichen Drehgestelle deutscher Dampfbahnen mit dem Unterschiede, dass alle mit dem Antriebe nicht zusammenhängenden Teile leichter gestaltet sind.

Die Einzelteile dieser Untergestelle werden im Nachfolgenden gleichzeitig mit denen der Strassenbahnen behandelt.

A. 3. Ausführung der Untergestelle.

3. a. Untergestellrahmen.

Die starken Stösse, welchen das Fahrzeug, insbesondere auf ungenügend gepflegtem Gleise voll scharfer Krümmungen ausgesetzt ist, stellen an die Dauerhaftigkeit des Rahmens grosse Anforderungen. Die Anschmiegbarkeit des Untergestelles an das Gleis soll stets durch eine genügende Achsenabfederung, und nicht durch die Nachgiebigkeit des Rahmens erreicht werden. Der Rahmen soll allseitig steif sein, damit der Wagenkasten seine gute Unterlage behält. Die Höhe der Seitenträger muss deshalb zur guten Befestigung der Querträger genügen. Gegen wagerechte Verschiebungen sind Schrägverbände oder an den Verbindungsstellen der Längs- und Querträger Knotenbleche anzubringen.

Zur Herstellung der Hauptseitenträger dienen:

- Gewalzte Eisen,
- Bleche mit angenieteten, zur Versteifung dienenden gewalzten Eisen,
- Gepresste Bleche,
- Gegossene Achsbuchsführungen mit angenieteten schmiedeisernen Verbindungsstücken,
- Schmiedestücke.

Die im Nachfolgenden zur Erläuterung der einzelnen Rahmen-Bauarten angeführten Untergestelle lassen sich jeweils auch mit Rahmen anderer Herstellungsweise versehen.

Aus **Walzeisen gebaute Untergestelle** werden durch Taf. IX, X, XII, XIV und Taf. XVIII veranschaulicht. Bei dem Taylor-Untergestell (Taf. X), für die Strassenbahn Mailand von Miani Silvestri & Co., Mailand ausgeführt, bestehen die beiden, durch schmiedeiserne Rohre nach unten verstrebten Längsträger aus Doppel⊔-Eisen, zwischen denen die Blattfedern gelagert sind. Taf. IX zeigt die bei Dampfbahnen übliche Bauart an einem von Weitzer, Graz ausgeführten Triebwagen, bei welchem ein gesondertes Untergestell vermieden ist (vgl. S. 6) und die Achshalter an die Längsträger des unteren Kastenrahmens unmittelbar angenietet sind. Die Einfachheit und Übersichtlichkeit verschafft solchen Untergestellen neuerdings bei Strassenbahnen Eingang. Die gleiche Bauart ist bei dem Untergestelle eines Lokalbahnwagens nach Taf. XVIII zur Anwendung gekommen. In Taf. VI sind Achshalter und Bremse an einem Flacheisenrahmen angebracht, welcher unter die Längsträger des Kastenrahmens geschraubt wird, eine nur für leichte Wagen geeignete Ausführung.

Taf. XII giebt den Rahmen eines von Gebr. Gastell, Mombach bei Mainz, für die Lokalbahn Ludwigshafen-Mundenheim ausgeführten Drehgestelles

an, das gleichfalls aus Walzeisen zusammengesetzt ist und Leichtigkeit mit Steifigkeit verbindet. Das von der Masch.-Akt.-Ges. Nürnberg für die Isarthalbahn ausgeführte Drehgestell (Taf. XIX) ist in der gleichen Weise zusammengesetzt, wegen der höheren Fahrgeschwindigkeit und Wagengewichte aber kräftiger gehalten. Bei dem von W. C. F. Busch, Bautzen gebauten Drehgestelle (Taf. XIV) besteht der obere Rahmen gleichfalls aus ⊔-Eisen, die Achsbuchsenführung dagegen jederseits aus einem durchgehenden Bleche.

Durch eine richtige Anordnung von Walzeisen lassen sich leichte und äusserst starke Gestelle zusammensetzen. Man hat hierbei noch den Vorteil, unabhängig von langen Lieferfristen für Bleche oder Pressträger zu sein, bei welchen letzteren man auch für jeden Achsstand besondere Pressformen anfertigen muss.

Seitenträger aus Blech mit zur Versteifung dienenden ⌈-Eisen werden als Ersatz für Pressträger ausgeführt. Taf. VIII zeigt einen derartigen Träger, von Miani Silvestri & Co., Mailand für die Strassenbahnwagen Bergamo ausgeführt.

Pressbleche sind bei den Untergestellen der Taf. V, VII und XVI verwendet. Abb. 2 Taf. V zeigt einen von Zehme entworfenen Pressträger für schwere Strassenbahnwagen. Im Allgemeinen geben Pressträger dem Wagen ein gutes Aussehen und sind bei grosser Tragfähigkeit leicht. Querverbindungen sowie Wagenausrüstungsteile, wie Bremsen, Motorträger, Bahnräumer lassen sich bequem anbringen. Die Herstellung der Pressträger erfordert jedoch, sofern es sich nicht um eine grosse Anzahl von Untergestellen gleichen Modelles und Achsstandes handelt, bedeutende Kosten und lange Lieferzeit.

Für gesonderte Untergestelle der Strassenbahnen, sowie besonders für Drehgestelle der letzteren eignet sich auch **Stahlguss** zur Anfertigung der Seitenträger. Taf. XI und XVII zeigen Drehgestelle mit gegossenen Achshaltern und Federträgern von der St. Louis Car Co., St. Louis, Missouri. Die gegossenen Achshalter eines Seitenträgers lassen sich durch geschmiedete Flachstücke zu dem erforderlichen Achsstande leicht verbinden (Taf. XV), worin ein Vorzug dieser Herstellungsart besteht. Die Verwendung des Stahlgusses zu Achshaltern etc. ermöglicht einfache Anbringung der für die Achsbuchsen und Federn erforderlichen Vorkehrungen. Der Stahlguss muss weich und vollkommen dicht sein, damit er den Stössen widersteht.

Die Herstellung **der Seitenträger als ein ganzes Schmiedestück** bildet eine Eigenheit der Untergestelle der Brill Co., Philadelphia. Taf. IV zeigt ein Untergestell in solcher Bauart[1]). Es ist eine derartige Ausführung wegen der geringen Steifigkeit und hohen Herstellungskosten, welche sich nur bei Massenausführung lohnen, wenig vorteilhaft.

Bei der Herstellung der Untergestellrahmen ist vor Allem auf gleiche Abstände zwischen den Achsbuchsführungen in senkrechter und schräger Richtung zu achten. Die Zusammensetzung der Längs- und Querträger erfolgt nach Auflagerung und Unterkeilung derselben auf Böcken. Geringe Abweichungen am Rahmen und an seinen Einzelteilen lassen sich durch kalte Nachbiegungen richten. Alle Eisenteile sind vor ihrer Zusammensetzung an den Berührungsstellen von Rost zu

[1]) Bezüglich der Federanordnung dieses sowie aller vorgenannten Untergestelle vergl. S. 7 bis 10.

säubern und mit Mennige zu streichen. Nietlöcher müssen genau zu einander passen und vom Niet ganz ausgefüllt werden. Letztere müssen volle, ringsum aufliegende Köpfe erhalten. Schmied- und Walzeisen sollen mindestens 36 k, Flussstahl 50 k Zugfestigkeit besitzen.

3. b. Räder, Achsen, Anordnungen der Achsen am Wagen.

Räder.

Für die Ausführung der Räder sind die Beziehungen zwischen Rad und Schiene massgebend, welche sich unter Beobachtung eines sichern und ruhigen Laufes, sowie möglichster Verminderung des Kraftverbrauches des Fahrzeuges und der Abnutzung der Räder nebst Gleise ergeben. Die Beziehungen des Rades zum Gleise finden beim Wagen in dem Stoffe und Querschnitte des Radreifen (Radprofils) und in der Anordnung der Achsen am Wagen ihren Ausdruck.

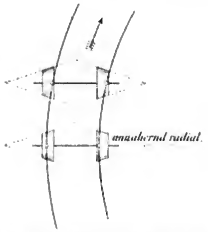
Radquerschnitt. Die natürliche Form des Reifenquerschnittes eines auf gerader, ebener Bahn rollenden Rades ist der Zylinder. Man hat sich jedoch bei Strassenbahnen durch die Gepflogenheit der mit Dampf betriebenen Hauptbahnen verleiten lassen, die Kegelform anzuwenden; die elektrischen Lokalbahnen passen sich meist von vornherein den für Dampfbahnen gleicher Art bestehenden Vorschriften an, was bei Wagenübergang unvermeidlich ist.

Die kegelförmige Gestaltung des Radreifens bei den mit Dampf betriebenen Bahnen soll bezwecken:

1. leichteres Rollen der Räder in Gleiskrümmungen,
2. ruhigen Lauf auf gerader, ebener Bahn.

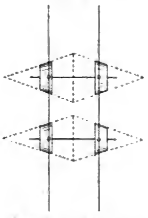
Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass weder das eine noch das andere zutrifft, und dass die zylindrische Radform diese Anforderungen eher zu erfüllen geeignet ist. Die Radachsen eines Wagens stellen sich erfahrungsgemäss in Gleiskrümmungen in der durch Textabb. 5 veranschaulichten Weise ein, woraus hervorgeht, dass sowohl die kegelförmigen Räder der Vorder- als auch der Hinterachse nicht ihrer Form entsprechend rollen. Auf gerader, ebener Bahn müsste der Radsatz zwar theoretisch bei Abweichungen von seiner Mittellage (Textabb. 6) dieselbe schnell wieder finden; in der That aber pendelt der Wagen von einer falschen Stellung in die andere und kommt bei den unvermeidlichen, kleinen Unregelmässigkeiten der Gleislage überhaupt nicht zur Ruhe. Dies ist eine der Ursachen

Abb. 5.



Stellung der Räder eines Wagens in einer Gleiskrümmung.

Abb. 6.



Stellung der Räder eines Wagens in der Geraden.

des sogenannten Schlingerns der Fahrzeuge, d. h. der Ausführung von Schlangenlinien in der wagrechten Ebene (S. 2).

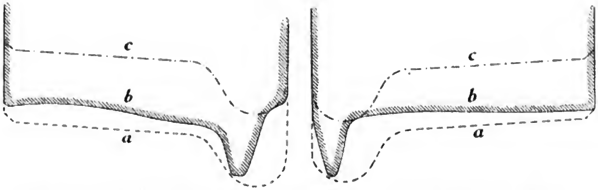
In richtiger Erkenntnis dieser Eigentümlichkeiten der kegelförmigen Räder hat man auf amerikanischen Dampfbahnen allgemein die im grossen Ganzen zylindrische Form angewandt.

Bei Kleinbahnen mit auf öffentlichen Strassen liegenden Gleisen, also besonders bei Strassenbahnen, würde die Kegelform des Radreifens noch unrichtiger sein, als bei Dampf-Hauptbahnen. Auch hier hält man in Amerika allgemein an der zylindrischen Form fest.

Das Abrollen in Gleiskrümmungen erfolgt bei dem zylindrischen Radreifen mit weniger Klemmung und Gleiten als beim kegelförmigen, was beides die Abnutzung und fortbewegende Kraft verringert. In gerader Strecke läuft der Wagen ruhiger, wobei sich die Räder der einen Wagenlängsseite mit ihren Spurkränzen leicht an eine Schienenlaufkante anlegen. Das letztere ist bei Strassenbahnen und bei auf öffentlichen Strassen liegenden Kleinbahnen auch bei kegelförmigen Rädern der Fall, weil die Gleise selten wagrecht liegen, sich vielmehr dem gewölbten Strassendamme anpassen müssen, und der Wagen immer nach der tiefer liegenden Schiene hindrängt. Es ergiebt sich auch daraus insofern ein Nachteil für die kegelförmigen Räder, als mit dem Voreilen des unteren Rades schädliches Gleiten der Räder auf den Schienen verbunden ist.

Da die einseitige Gleislage bei Strassenbahnen einen erheblichen Seitendruck des Rades gegen die Schiene und infolgedessen ein einseitiges Auslaufen der Räder zur Folge hat (Textabb. 7), muss der Wagen in gewissen Zeitabständen (mindestens

Abb. 7.



Abgenutzte Radreifen eines Radsatzes. a anfängliche, b abgenutzte, c wiederhergestellte Form. M. 1 : 1.

einmal im Monat) gedreht werden. Fehlen hierzu die Vorrichtungen, Drehscheiben, Gleisdreieck u. s. w., so können die Radsätze der Vorder- und Hinterseite des Wagens mit einander vertauscht werden.

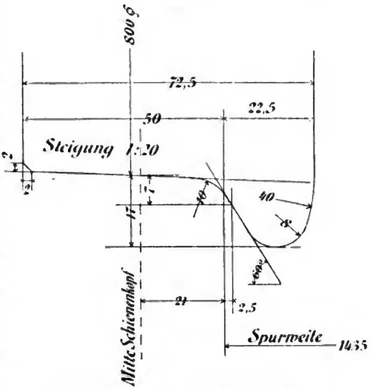
Diese Wagendrehung ist auch bei Bahnen mit einseitig liegenden Gleiskrümmungen, insbesondere bei ringförmig geschlossener Linienführung unerlässlich, damit die zur hinteren Abnutzung des Spurkranzes erheblich beitragende Klemmung des letzteren in der Schienenrille auf alle Räder gleichmässig verteilt wird. Rillenerweiterung in Gleiskrümmungen ist daher zu empfehlen.

Die in Textabb. 7 dargestellten Räder gehören einem Radsatze an und besassen kegelförmige Reifen. Die zugehörige Schiene war, wie das auch aus der hinteren Abnutzung der beiden Reifen zu erkennen ist, eine Rillenschiene, deren Leitkante naturgemäss ebenfalls eine erhebliche Abnutzung aufwies. Durch die Verwendung härterer Reifen wird zwar die Abnutzung der Räder verringert, dagegen die der kostspieligeren Gleise erhöht. Als ein wirksames Mittel gegen diese die Lebensdauer der Radreifen stark abkürzende Abnutzung dürfte sich eine sparsame, die Reibung der Räder auf den Schienen möglichst wenig beeinflussende Schmierung der Spurkränze erweisen, die mittels federnd aufgedrückter Schmierpolster bewirkt werden könnte. Die den gleichen Zweck verfolgende bekannte Einrichtung der Dampflokomotiven ist nur bei, auf eignem Bahnkörper frei liegenden Schienen, nicht aber bei den im Strassenstaube rollenden Fahrzeugen von Wirkung.

Zur möglichsten Hintanhaltung der Reifenabnutzung, insbesondere an den die Wiederherstellung des ehemaligen Querschnittes erschwerenden Stellen, sind die Räder eines Radsatzes zeitweilig (bei Strassenbahnen monatlich) auf gleiche Durchmesser sauber abzudrehen.

In Textabb. 8 bis 10 sind die Reifenquerschnitte einiger Bahnen dargestellt. Der Radreifen der Hamburg-Altonaer Centralbahn (Textabb. 8) ist kegelförmig und besitzt einen um 60° gegen die Wagrechte geneigten Spurkranz von 17 mm Höhe. Bei dem Radreifen der Gelsenkirchener Überlandbahn (Textabb. 9) beträgt der Winkel 70° und ist der Reifen auch auf der Rückseite kegelförmig abgeschrägt, während die Lauffläche zylindrisch ausgebildet ist. Der grössere Spurkranzwinkel wirkt erfahrungsgemäss der Entgleisungsgefahr mehr, als der kleinere Winkel entgegen. In Textabb. 10 ist ein von Zehme entworfener Radreifen dargestellt, welcher u. A. als Fortsetzung der zylindrischen Lauffläche einen kurzen, flachen Kegel besitzt, der in Kreuzungen und Weichen zur Auflage kommt.

Abb. 8.



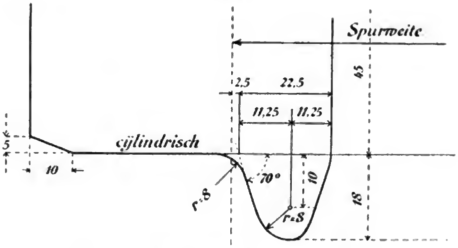
Radreifen der Hamb.-Alt. Centralbahn. M. 1 : 1.

Als Spielraum zwischen Spurkranz und Schienenfahrkante sind 2 bis 5 mm anzunehmen, je nachdem die Verlegung des Gleises mehr oder weniger sorgsam erfolgt.

Herstellung der Räder. Die Herstellung der Räder erfolgt auf verschiedene Arten. In Deutschland sind Räder mit schmiedeisernen, geschweissten (Abb.

4 und 5, Taf. XX) oder aus Stahlformguss hergestellten Radsternen und warm aufgezogenen Reifen aus Martin- oder Bessemerstahl in Gebrauch, während man in Amerika ausnahmslos die nach dem Griffin-Verfahren in einem Stücke gegossenen Hartgussräder

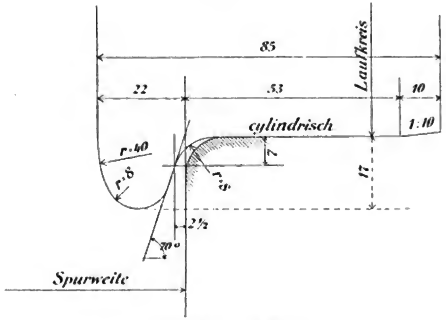
Abb. 9.



Radreifen der Gelsenkirchener Überlandbahnen. M. 1 : 1.

(Abb. 6, Taf. XX) vorzieht. Letztere mögen bei der in Amerika beliebten, sog. Nasenschiene, d. h. einer rillenlosen Schiene, wegen deren zweckmässiger Verlegung in Gleiskrümmungen vorteilhaft sein; in Deutschland, wo innerhalb der Städte Rillen-

Abb. 10.



Radreifen nach Zehme. M. 1 : 1.

schienen verlangt werden, greifen sie wegen ihrer grossen Härte diese in Gleiskrümmungen schnell an und vernichten die Gegen- oder Leitschiene. Das Griffinrad durchläuft bis zur Abnutzung seiner harten Aussenschichte etwa 60000 km

und ist dann völlig unbrauchbar. Der Martin- oder Bessemerreifen durchläuft allerdings nur 25 bis 30000 km, kann aber dann durch Auswechslung wieder ersetzt werden. Der Preis eines Radsatzes (Achse mit zwei Rädern) beträgt heute bei Griffinrädern für Triebwagen von Strassenbahnen ℳ 140 bis 150 und bei Martinreifen-Rädern ℳ 170, worin der Reifen allein mit ℳ 45 enthalten ist.

Der Gefahr der Reifenlockerung des Martinrades steht beim Griffinrade die Gefahr des Abspringens des Spurkranzes gegenüber.

Die Kosten des Radsternes bei Verwendung des heute bei Dampflokomotiven zu den Triebrädern verwendeten Stahlformgusses (Krupp, Essen) stellen sich um 1/4 höher als bei geschweisstem Eisen, werden dagegen durch die grössere Haltbarkeit gerechtfertigt. Textabb. 11 zeigt einen mit groben Schweissfehlern versehenen schmiedeeisernen Stern.

Abb. 11.



Fehlerhaft geschweisster Radstern mit abgesprungener Nabe. M. 1 : 2.

Die Abnahme der Räder empfiehlt sich überall und es soll hierbei ausser den üblichen Festigkeitsproben auch ein ganzer Radstern unter dem Fallklotze zum Bruche gebracht werden.

Die Reifen werden bei Verwendung von Schienen mit 70 ko Festigkeit mit 60 bis 65 ko Festigkeit und 25 % Dehnung ausgeführt. Der Baustoff soll gleichmässiges Gefüge besitzen.

Der Reifen wird auf den Stern mit 1,75 bis 2 mm Schrumpfmass warm aufgezogen und gegen Abfliegen etwaiger Bruchstücke durch Kopfschrauben gesichert (Abb. 1, Taf. XX). Sprengringbefestigung (Abb. 2, Taf. XX) ist vorzuziehen, kann aber bei Rädern unter 80 mm Reifenbreite nicht angewandt werden. Befestigungen nach Abb. 3, Taf. XX sind nachteilig.

Bei unter 20 mm Stärke abgenutzten Reifen tritt durch „Auswalzen" Lockerung ein. Scharfe Anfahrten und Bremsungen bewirken noch frühere Lockerungen.

Werden neue Reifen auf alte Sterne gezogen, so sind zur Bestimmung der Reifenbohrung die Sterne nochmals aussen nachzumessen, da sie durch das Aufschrumpfen nach innen nachgeben.

Die Reifenbreite richtet sich nach der Bauart der Weichen und Kreuzstücke. Geht der Wagen auf andere Gleise, u. zw. Hauptbahngleise über, so ist die Radbreite

etwa 110 mm auszuführen, welche Breite zum stossfreien Überlaufen der Herzstücke genügt. Zu schmale Reifen sind insbesondere den Weichen und Kreuzungen schädlich; zu breite Reifen geben wegen der an den Stirnflächen sich bildenden Flanschen zu stossendem Gange Veranlassung, bedürfen daher häufigen Nachdrehens und im Allgemeinen auch sorgfältiger Abebnung der Anpflasterung oder Strassendecke neben den Schienen. Es empfiehlt sich, bei Strassenbahnen die Stirnseite der Reifen etwa 10 mm über die äussere Schienenkante übertreten zu lassen. Bei Lokalbahnen richte man sich bezüglich der Radbreite nach den Bestimmungen für den Bau und Betrieb der L.-E. Deutschlands.

Achsen.

Herstellung der Achsen. Die zwei Räder zu einem Rad- oder Achssatze verbindenden Achsen werden in der Regel aus Martinflussstahl hergestellt, welcher 60 ko Festigkeit und 25 % Dehnung besitzen muss. Die Räder werden auf die Achsen mit 75 bis 100 t Druck mittels einer Wasserdruckpresse aufgezogen und erst dann am Reifen abgedreht. Der zwischen den Rädern liegende Achsteil ist, gleich den Achsschenkeln, für die Auflagerung der Motoren, sofern dieselbe an der Achse erfolgt, sauber zu polieren. Eindrehungen für die der axialen Bewegung der Motoren entgegentretenden Stellringe dürfen nur in grösserer Entfernung von der Radnabe und nur bis zu 1 mm Tiefe vorgenommen werden. Keilnuten für die Antriebs-Zahnräder haben sich bisher, selbst in grossen Abmessungen, für die Festigkeit der Achsen als unschädlich erwiesen.

Bei den sog. Achsenmotoren, d. h. Motoren, welche die Achsen ohne ein besonderes Triebwerk antreiben und deren Mittel daher mit dem der Achse zusammenfällt, kann das zweite Rad erst nach dem Einbaue des Motors auf die Achse gepresst werden. Empfiehlt sich im Allgemeinen eine Räderpresse nur bei grossen Bahnen oder bei Verwendung von gegossenen Rädern, so ist sie bei Betrieben mit Achsenmotoren unerlässlich, damit Wiederherstellungsarbeiten an den Motoren schnell und billig vorgenommen werden können.

Berechnung der Achsen. Die schon bei der Berechnung der Laufachsen d. h. nicht angetriebenen Achsen schwer zu ermittelnden zusätzlichen, aus der Bewegungsänderung sich ergebenden Kräfte werden bei den angetriebenen Achsen, den Triebachsen, noch durch die mit den Achsen in mehr oder weniger inniger Verbindung stehenden Motoren vermehrt, deren Trägheit bei jeder Änderung des Bewegungszustandes des Wagens die Achsbeanspruchung vergrössert.

Die Berechnung der Laufachsen erfolgt lediglich auf Biegungsbeanspruchung. Es bezeichne (Textabb. 12):

G in k das Wagengewicht, einschliesslich der Personenbelastung und der elektrischen Einrichtung,

k_b die zulässige Biegungsbeanspruchung,

r in m den Halbmesser der kleinsten Gleiskrümmung,

g die Beschleunigung der Schwere,

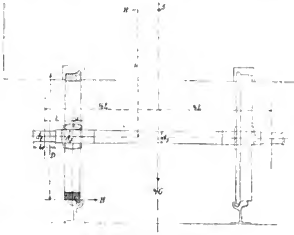
v in m/sec die Fahrgeschwindigkeit,

p in k/qcm die Belastung der Flächeneinheit,

G_1 in k das Motorgewicht.

Zu der ruhenden Belastung des Achsschenkels mit rd. 0,25 G tritt noch die zusätzliche, durch Stösse hervorgerufene Belastung, welche bei der mangelhaften Abfederung des Untergestellrahmens der Klasse I der Untergestelle (S. 7) auf 0,25 G steigen kann, bei guter Federung dagegen mit 0,10 G hinreichend hoch angenommen wird. Ausserdem wird die Belastung noch durch die bei ungenügender oder wohl gar in schädlichem Sinne vorhandener Schienenüberhöhung in Gleiskrümmungen der Strassenbahnen auftretende Fliehkraft des Wagens, sowie allgemein durch Seitenkräfte H nicht unerheblich vergrössert, wobei die Belastung des Achsschenkels an der andern Seite der Achse um das gleiche Mass verringert wird.

Abb. 12.



Berechnung der Laufachsen.

Es ist:

$$\frac{\pi d_1^3}{32} k_b = \left(0{,}25\,G + 0{,}1\,G + H\frac{s}{L}\right)\frac{l_1}{2}$$

Gl. 1) . . . . $$d_1 = \sqrt[2]{\frac{l_1}{d_1}\frac{16}{\pi k_b}}\sqrt{0{,}35\,G + H\frac{s}{L}}$$

wobei unter den obengenannten Umständen zur Belastung noch die Fliehkraft mit $\frac{G}{g}\frac{v^2}{r}\frac{s}{L}$ tritt. Es ist $\frac{l_1}{d_1} = 1{,}7$ bis $2{,}0$; k_b (Flussstahl) = 700 ko/qcm und den Erfahrungen entsprechend $H = \frac{G}{5}$ zu setzen. Der Flächendruck p des Achsschenkels kann bis 30 k/qcm (meist 20 k/qcm) betragen, wonach $\frac{l_1}{d_1}$ zu wählen ist. Es ist allgemein:

$$\left(\frac{l_1}{d_1}\right)^2 = \frac{\pi k_b}{16}\frac{1}{p}$$

Ferner ist

Gl. 2) . $$d_2 = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi k_b}\left[\left(0{,}35\,G + H\frac{s}{L}\right)(l + a) + \frac{HD}{4} - \left(0{,}35\,G + \frac{H}{2}\frac{s + 0{,}5\,D}{0{,}5\,L - l}\right)a\right]}$$

wobei unter obengenannten Umständen noch das aus der Fliehkraft berechnete Moment mit

Gl. 3) . . . . . . $$\frac{1}{2}\frac{G}{g}\frac{v^2}{r}\left[\frac{s}{0{,}5\,L}(l + a) + \frac{D}{2} - \left(\frac{s + 0{,}5\,D}{0{,}5\,L - l}\right)a\right]$$

zu berücksichtigen ist.

Man macht schliesslich $d_3 = d_2$ oder geht damit auf $0{,}9\,d_2$ herab.

Bei magnetisch gebremsten Laufachsen tritt zu der Beanspruchung der Achse bei d_2 noch eine Beanspruchung auf Drehung, welche mindestens zu

Gl. 4) . . . . $$M_d = \frac{G}{4}\,\frac{D}{2}\,\frac{1}{7} = \frac{GD}{56}$$

anzunehmen und nach der untenstehenden Berechnung der Triebachsen in obige Gleichung 2) einzusetzen ist.

Die Berechnung der Triebachsen erfolgt wie oben, jedoch unter Hinzuziehung der Verdrehung, sowie einer weiteren zusätzlichen Belastung H_1, die durch die axial nicht gefederte Motormasse, insbesondere bei unvollkommner Gleislage hervorgerufen wird. Es ist wie oben (Textabb. 13):

$$d_1 = \sqrt{\frac{l_1}{d_1}\,\frac{16}{\pi k_b}}\sqrt{0{,}35\,G + H\,\frac{s}{L}}$$

ferner

Gl. 5) . . . . $$d_2^3 = \frac{32}{\pi k_b}\left[0{,}35\,M_b + 0{,}65\sqrt{M_b^2 + \left(\frac{k_b}{1{,}3\,k_d}\,M_d\right)^2}\right]$$

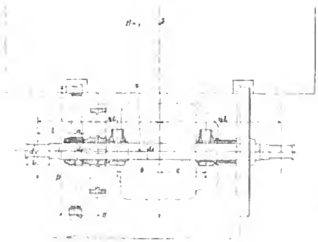
worin das Biegungsmoment

$$M_b = \left(0{,}35\,G + H\,\frac{s}{L}\right)(l + a) + \left(\frac{H}{2} + H_1\right)\frac{D}{2} - \left[0{,}35\,G + \frac{H}{2}\left(\frac{s + 0{,}5\,D}{0{,}5\,L - l}\right)\right]a$$

und $$H_1 = \frac{1}{10}\ \text{Motorgewicht}$$

zu setzen sind. Zu dem Biegungsmomente tritt unter obengenannten Umständen noch das der Fliehkraft nach Gl. 3) entspechend hinzu.

Abb 13.



Berechnung der Triebachsen.

Das Drehmoment M_d ist nach der grössten Stromstärke zu bestimmen, die den stillstehenden Motor bei der ungünstigsten Stellung des Reglers nach dem Ohm'schen Gesetze durchfliesst, wobei die grösste, im Leitungsnetze oder der Speicherbatterie überhaupt vorkommende Spannung anzunehmen ist.

Bei Flussstahl ist

$$k_b = k_d = 700\ \text{k/cm}^2$$

und bei elektrodynamischer Gebrauchs-Bremsung der Triebachse

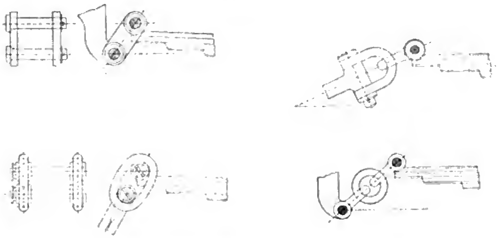
$$k_d = 500\ \text{k/cm}^2$$

zu setzen.

Die Beanspruchung der Achse in der Mitte ist trotz des Hinzutrittes des daselbst durch die Motorauflagerung hervorgerufenen Momentes $0{,}25\ G_1\ c$ geringer als bei d_2. Man lässt indessen das zwischen den Rädern liegende Achsteil mit d_2 glatt durchgehen, macht also $d_3 = d_2$.

Anordnung der Achsen am Wagen. Feste oder starre Achsen, welche derart im Untergestelle aufgehängt sind, dass sie nur senkrechte Bewegungen im Sinne der Federung ausführen können, sind nur bei kurzen Fahrzeugen, d. h. kleinen Achsständen anwendbar. Grosse Achsstände führen bei den scharfen Gleiskrümmungen der Strassenbahnen zu Klemmungen der Räder, schneller Abnutzung der Gleise und Räder, zu Kraftvergeudung und geräuschvoller Fahrt. Man sah sich deshalb bei den heute mehr und mehr aufkommenden grossen Wagen genötigt, entweder Drehgestelle oder nach dem Vorgange der Dampfbahnen sog. Lenkachsen anzuwenden. Die letzteren sind derart aufgehängt, dass sie ausser der senkrechten Bewegung auch noch eine wagrechte ausführen können, sodass ihre Einstellung nach dem Mittelpunkte der Gleiskrümmung hin möglich ist. Diese Aufhängung wandte Verfasser im Jahre 1896 bei der Strassenbahn Toulon mit 1,75 m Achsstand, 15 m Gleiskrümmung und 10 mm Beweglichkeit der Achsbuchse nach jeder Seite mit zufriedenstellendem Erfolge an. Zur vollen Geltung gelangten die Lenkachsen bei Strassenbahnen jedoch erst nach den von W. Jürges (Deutz) bei der Strassenbahn Hannover vorgenommenen Versuchen mit freien Lenkachsen (Abb. 2, Taf. XXI). Die Anhänger befahren mit 3 m Achsstand Gleiskrümmungen von 12,5 m Halbmesser

Abb. 14.



Lenkachsenaufhängungen des V. D. E. V. M. 2 : 13.

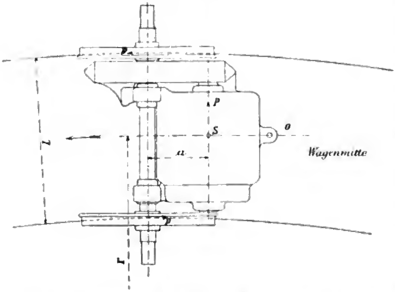
mit annehmbarer Geschwindigkeit. Wenn die Versuche sich auch vorläufig nur auf gezogene Wagen erstreckten, so gelangte die Lenkachse hierauf doch mancherorts auch an Triebwagen zur Anwendung (z. B. Pest, Wien, Abb. 1, Taf. XXI). Der grosse Vorteil der Lenkachsen beruht gegenüber dem Drehgestellwagen auf der Verminderung des auf den Fahrgast entfallenden toten Gewichtes des Wagens und in den geringeren Anschaffungs- und Unterhaltungskosten, gegenüber den steifen Achsen in dem geringeren Kraftverbrauche und in der ruhigeren Fahrt (s. S. 5).

Die Querbewegung der Lenkachse wird durch die Aufhängung der Achsbuchse d. h. Feder im Untergestelle ermöglicht. Die Rückkehr der Achsen in die Mittelstellung erfolgt durch wagrechte Verschiebung der Federn infolge der Einwirkung des Wagengewichtes. Textabb. 14 stellt die bei der sog. Lenkachse A_4 des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen gebräuchlichen Federaufhängungen dar, von denen

bei den Personenwagen die Kettengliedaufhängung wegen ihrer grösseren Querbeweglichkeit den Vorzug verdient. Die Neigung des Federgehänges gegen die Wagerechte ist genügend gross zu nehmen, damit die Einstellung der Achse in den Gleiskrümmungen möglichst leicht erfolgt. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Mittelstellkraft hierbei nicht zu klein ausfällt, d. h. die Achse ins Schlingern gerät, was bei zu starken Neigungen der Fall ist.

Die Mittelstellkraft muss bei Triebachsen (Triebwagen) grösser als bei Laufachsen (Anhängern) sein, weil seitens der durch den Motor fortbewegten Achse ein Schub auf den Wagenkasten ausgeübt wird, welcher der Mittelstellkraft unmittelbar entgegenwirkt. Infolge des häufigen Ein- und Ausschaltens des Motors würde bei ungenügender Mittelstellkraft der Wagenkasten ruckförmige Bewegungen in seiner Längsrichtung ausführen. Die Federgehänge sind also bei Triebachsen schwächer als bei Laufachsen zu neigen. Die Einstellung dieser, von einer grossen Mittelstellkraft in ihrer Einstellung etwas gehinderten Triebachsen wird indessen durch eine vom Verfasser beobachtete Eigentümlichkeit gewisser Motoraufhängungen wesentlich unterstützt. Bei der in Textabb. 15 gekennzeichneten, weit verbreiteten Anordnung des Motors übt letzterer eine bei gegebener Fahrgeschwindigkeit nur noch von der Grösse des Halbmessers der Gleiskrümmung abhängige Fliehkraft aus, welche unmittelbar im Sinne der richtigen und der Grösse der Gleiskrümmung entsprechenden Einstellung wirkt.

Abb. 15.



Einwirkung der Fliehkraft des Motors auf die Einstellung der Lenkachsen.

Bezeichnen:

G in k das Gewicht des Motors,
v in m/sec die Fahrgeschwindigkeit,
r in m der Halbmesser der Gleiskrümmung,
g die Beschleunigung der Schwere,

so ist die im Schwerpunkte S des Motors wirkende Fliehkraft

$$P = \frac{v^2}{g\,r}\,G$$

wobei der Schwerpunktsabstand vom Krümmungsmittelpunkte gleich r gesetzt werde kann. Die an jedem Rade wirkende Einstellkraft ist sodann

$$p = P\,\frac{a}{L} = \frac{a\,v^2}{r\,L\,g}\,G$$

Ist z. B. G = 1500, v = 4, r = 15, a = 0,37, L = 1,0 so folgt

$$p = rd . 60 k.$$

Mit dieser nicht unbeträchtlichen Kraft wird die Achse an jedem Rade in die Richtung zum Mittelpunkte der Gleiskrümmung gezogen.

Es ergiebt sich aus dieser Betrachtung, dass die Motoren nicht ausserhalb, sondern innerhalb der Lenkachsen angeordnet werden müssen. Während bei den Lenkachsen gezogener Wagen bekanntlich nur die hintere Achse der Einstellung folgt, die Vorderachse sich dagegen wie bei starren Achsen verhält (Textabb. 5), hat man in Pest bei Motorachsen auch eine, wenn auch nicht vollkommene Einstellung der Vorderachse wahrgenommen, die auf den hier entwickelten Vorgang zurückzuführen ist. Gekuppelte Lenkachsen dürften hier wohl von Vorteil sein[1]). Die Motoraufhängung an der der Wagenmitte zugekehrten Seite muss in möglichst freibeweglicher Weise erfolgen. Lange Pendelstangen mit kugelförmig geformten Auflageplatten sind hierfür geeignet (s. auch Abb. 1 Taf. XXI).

Die von mancher Seite als Lenkachse angesehene, in ihrer Richtung bewegliche Achse besitzt von den vorgenannten guten Eigenschaften der Lenkachse nur diejenige der ruhigeren Fahrt gegenüber der starren Achse, was besonders bei der Einfahrt in Gleiskrümmungen bemerkbar wird.

3. c. Achsbuchsen und Federn.

Achsbuchsen.

Während bei den Dampfbahnen noch die zweiteilige Achsbuchse vorherrscht, und diese erst in neuerer Zeit durch die einteilige ersetzt wird, hat man bei elektrischen Strassenbahnen von vornherein nur einteilige Achsbuchsen verwendet. Diese sind leichter dicht zu halten, einfacher zu bedienen und billiger als jene. Die leichte Bedienbarkeit fördert die Unterhaltung und ist deshalb bei Strassenbahnen besonders wichtig. Die Achsbuchsen der auf eignem Bahnkörper fahrenden Lokalbahnen sind denen der Dampf-Hauptbahnen gleich. Für sie empfiehlt sich der billigen Anschaffung und Unterhaltung wegen gleichfalls die einteilige Bauart.

Die Achsbuchsführung soll etwas nachgiebig sein und der Achse eine kleine Beweglichkeit in deren Längsrichtung verleihen, damit der Wagen sicherer auf den Schienen läuft und sanft in Gleiskrümmungen einfährt. Ist diese Beweglichkeit indessen zu gross, so schlingert der Wagen, d. h. er führt auf geradliniger Strecke in wagerechtem Sinne schlangenförmige Bewegungen aus.

Die zeitweise als Neuerung wieder aufkommenden sog. Rollenlager sind nicht zu empfehlen.

Die Lagerschale soll nur $^1/_4$ bis höchstens $^1/_3$ des Zapfenumfanges bedecken und ist an der Auflagefläche mit Weissmetall auszugiessen. Für letzteres eignet sich eine Mischung von 1 Teil Kupfer, 2 Teilen Antimon und 14 Teilen englisches Zinn. Die Lagerschale soll mit einfachen Mitteln schnell aus der Achsbuchse herausnehmbar sein und gegen Drehung, auch bei etwaigem Abheben vom Achsschenkel

[1]) Vgl. z. B. Eisenbahntechnik der Gegenwart Bd. I, S. 532, Textabb. 726.

gesichert werden. Der Achsschenkel muss in der Schale kleine Längsbewegungen von etwa ½ mm jederseits der Mittellage ausführen können, damit sich die Berührungsstellen glatt reiben. Der Druck auf die Flächeneinheit darf am ruhenden Wagen 30 k/cm² nicht überschreiten und soll bei allen Achsschenkeln eines Wagens gleich sein. Von Ausgleichshebeln an der Federaufhängung[1]) sieht man bei Triebwagen ab.

Abb. 1, Taf. XXII stellt eine an die Achsbuchsen der Pferdebahnwagen sich anlehnende Bauart dar, bei welcher der vorn glatte Achsschenkel sich gegen eine in das Lagergehäuse von oben eingeschobene Linsenfeder mit durch Vierkant gesicherte Rotgusspfanne anlegt. Die bei Einfahrten in scharfe Gleiskrümmungen äusserst heftigen Querstösse des Wagens werden hierbei indessen von einem Langträger allein aufgenommen. Derselbe erleidet dadurch hohe Beanspruchungen, denen er allmählich nachgiebt, sodass die Achse des beiderseitigen Haltes entbehrt und der Untergestellrahmen samt dem Wagenkasten ins Schlingern gerät. Dies können selbst starke Linsenfedern nicht verhüten. Ausserdem wirkt von Anfang an der Druck der nach aussen strebenden Achsbuchsen gegen ihre Führungen der Wagenfederung entgegen.

In Abb. 2, Taf. XXII und Taf. XXIII sind diese Übelstände dadurch vermieden, dass die Achsbuchse mittels eines ⊔-förmigen Schiebers, der in eine Ringnute des Achsschenkels mit etwas axialem Spiele eingesetzt ist, auf der Achse gehalten wird. Diese Bauart ist bei elektrischen Bahnen viel angewandt. Noch besser bewähren sich an den Achsschenkeln angebrachte Bunde, Abb. 3, Taf. XXII und Taf. XXIV, zwischen denen die Lagerschale mit etwas axialem Spiele aufliegt. Die Lagerschale kann die seitlichen Stösse besser aufnehmen als die Stossplatte und der Schieber.

Sehr wesentlich für die Bauart der Achsbuchse ist die Art der Herausnahme der Lagerschale, weil hiervon die schnelle Untersuchung und Auswechslung der letzteren abhängt. Während bei Abb. 1, Taf. XXII und Taf. XXIV die Achsbuchse zwecks Herausnahme der Lagerschale um die Höhe der Federzapfen bezw. um mehr als die Bundhöhe der Schenkel angehoben werden muss, ist dazu bei Abb. 2, Taf. XXII und Abb. 1, Taf. XXIII nach Fortnahme der ⊔ förmigen Stossplatte nur ein leichtes Anheben der Achsbuchse erforderlich. In der bei Hauptbahnen viel verwandten Achsbuchse, Abb. 3. Taf. XXII, ist die Schale nach vorheriger Entfernung eines Stirnkeiles und einer Zwischenplatte herausnehmbar, wobei die Achsbuchse gleichfalls nur wenig emporgewunden zu werden braucht.

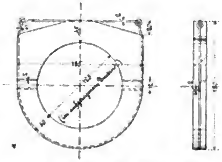
Die Schmierung erfolgt bei den hier genannten Bauarten selbstthätig von unten mittels eines aus Wolle bestehenden Polsters, welches in den mit Öl gefüllten unteren Teil der Achsbuchse eintaucht. In Abb. 1, Taf. XXII ist dasselbe mit einem Blechkasten umschlossen, der durch auf Zug beanspruchte und somit gegen Umkippen gesicherte Schraubenfedern an den Achsschenkel gedrückt wird. In Abb. 2, Taf. XXII wird dieses Polster durch eine V-förmig gebogene Blechspange an die Seiten des Achsschenkels gepresst. Bei amerikanischen Strassenbahnen ist auch ein einfach in den Unterkasten gestopfter Wollballen, dem Rosshaare beizumengen sind, in Gebrauch. Nach einer von J. Jaeger, Elberfeld, angegebenen Ausführung wird das ganze Schmierpolster in einem mit einfacher Handhabe versehenen Blechkasten

[1]) Siehe Achsaufhängungen bei Lokomotiven.

mit Schraubenfedern untergebracht, sodass es nach Öffnung der Achsbuchse schnell herausgenommen werden kann.

Eine eigenartige Schmierung besitzt die nach dem Vorgange der Hauptbahnen neuerdings auch bei Lokal- und Strassenbahnen (z. B. Pest, Dresden) angewandte einteilige Achsbuchse von J. Korbuly[1]) (Abb. 2, Taf. XXIII), bei welcher die Schale den Achsschenkel rings umschliesst, jedoch etwas grösser ausgebohrt ist, so dass sie nur im oberen Teile aufliegt, während der untere Schenkelteil in ein Ölbad taucht und durch Drehung das Öl emporsaugt. Die Achsbuchse besteht aus einem einzigen Gussteile, ist also vorn völlig abgeschlossen und besitzt nur die für die Achse bestimmte Öffnung, wo die Abdichtung durch einen den Achsschenkel gegen das Rad hin bandbremsenartig umgreifenden Lederstulpen-Ring mit Zugfedern erfolgt. Nach den u. A. bei der Deutschen Strassenbahngesellschaft in Dresden gemachten Erfahrungen genügt es, das Öl in der Achsbuchse gelegentlich einer alle 6 bis 8 Monate erfolgenden Hauptuntersuchung des ganzen Wagens zu erneuern. Von Undichtheiten an der hinteren Achsabdichtung ist bei sorgfältiger Einsetzung des Dichtungsbandes nichts wahrzunehmen.

Abb. 16.

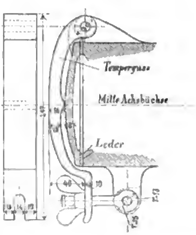


Federnder Staubring aus Pappelholz nach Lehmann. M. 1 : 6.

Die Abdichtung der Achsbuchsen gegen Eindringen von Staub, Regen und Spritzwasser und gegen Austreten von Öl erfolgt nach dem Rade zu entweder mittels aus Pappenholz mit oder ohne Filz gebildeter Ringe (Taf. XXIV), oder durch doppelte Lederscheiben (Abb. 2, Taf. XXII). Auch kann die in Abb. 1, Taf. XXIII angegebene Abdichtung Verwendung finden, welche zwar gut dichtet, dabei aber mehr Unterhaltungskosten erfordert.

Um bei hohen Fahrgeschwindigkeiten die rasche Abnutzung des Dichtungsringes zu vermeiden, kann dieser nach Lehmann zweiteilig, mit Überlappung in der Stossfuge und Federring ausgeführt werden (Textabb. 16)[2]), welche Bauart sich bei Hauptbahnen gut bewährt hat.

Abb. 17.



Bei dem vorderen Achsbuchsenverschlusse ist besonders zu beachten, dass kein Wasser zum Öle gelangen kann, durch welches das letztere allmählich verdrängt wird, sodass Heisslaufen eintritt. Die Warzen der Drehgelenke (z. B. Abb. 1, Taf. XXII) sind deshalb entsprechend hoch auszubilden. Die an der Auflagefläche sauber gehobelten oder gegen die Achsbuchse durch Filz- oder Lederscheiben abgedichteten Abschlussdeckel werden mittels Drehgelenke oder auch ohne solche als Einsatzdeckel gegen die Achsbuchse gepresst. Textabb. 17 zeigt eine von Zehme angegebene, einfache Abschlussvorrichtung mittels Bügels.

[1]) Ausgeführt von Ganz & Comp., Pest.

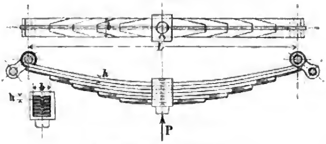
[2]) Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. I, S. 551 Fig. 778.

Federn.

Die bei den in Abb. 1 bis 8, Taf. I und Abb. 1 bis 4, Taf. II dargestellten Untergestellen zur Verwendung kommenden Federn lassen sich in ihrer bunten Zusammensetzung nicht derart berechnen, dass eine gleichmässige Beanspruchung ihres Baustoffes eintritt. Dieselben werden zweckmässig ausprobiert.

Die Blattfedern (Textabb. 18) erhalten solche Abmessungen, dass ihre Faserspannung 50 ko/qmm bei ruhender Belastung nicht überschreitet. Lange Federn ergeben sanfte Wagenbewegungen. Die Pfeilhöhe (Sprengung) darf nicht zu gross sein, damit die Feder den Querbewegungen des Wagens genügend Widerstand bietet. Mehrblätterige Federn mit kleinen Blattstärken sind den aus wenigen, starken Blättern zusammengesetzten vorzuziehen. Es ist nur bester Gussstahl zu verwenden.

Abb. 18.



Berechnung der Blattfeder.

Die Aufhängung der Feder erfolgt mittels aufgerollter Augen an den Federenden und Laschen mit Bolzen (Textabb. 18) oder durch Kettenglieder (Taf. XXIV). Bei Lenkachsen ist die die Einstellung der Achse in die Mittellage bewirkende Aufhängung nach Textabb. 14 oder Taf. XXI auszuführen. Für ausserordentlich weiche Federung empfiehlt es sich, in die Aufhängung noch ein Gummipolster oder eine steife Wickelfeder einzusetzen.

Die Federblätter werden in der Mitte durch einen Bund zusammengehalten, welcher unten mittels eines Zapfens oder Drehgelenkes in der Achsbuchse gehalten wird; bei nur senkrecht verschiebbaren Achsen kann die Feder auch fest mit der Achsbuchse verschraubt werden. Bei Wagen mit tiefer Fussbodenlage können die Federn unter den Achsbuchsen befestigt werden (Taf. XIV)[1]. Der Federbund ist durch einen halb in den Federblättern und halb im Bunde sitzenden Querstift gegen Verschiebung zu sichern; die einzelnen Blätter werden an gegenseitigen Verschiebungen durch angewalzte Rippen bezw. Nuten gehindert (Textabb. 18).

Bei Federbruch soll der Wagen mit einem an seinem Untergestelle über dem Federbunde angebrachten Anschlage, Konsole oder ähnlichem Teile sich auf die Feder setzen (Taf. XVIII). Der zwischen demselben und dem Federbunde freibleibende Raum soll am belasteten Wagen etwa 50 mm betragen.

Die Berechnung der Blattfeder erfolgt unter Vernachlässigung der Krümmung nach (Textabb. 18):

$$P \frac{L}{4} = \frac{b h^2}{6} n k_b$$

worin P die Achsschenkelbelastung, L die Federlänge b, h und n die Breite, Stärke und Anzahl der Federblätter und k_b die zulässige Biegungsbeanspruchung (bei Gussstahl 50 ko/mm²) bedeuten. Je nach Wahl von b, n und h ist

[1] S. auch die Wagen der Berliner Stadtbahn, Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. I. S. 375, Textabb. 484.

$$h = 1{,}7 \sqrt{\frac{P\,L}{n\,b\,k_b}}$$

$$n = \frac{3}{2}\,\frac{P\,L}{b\,h^2\,k_b}$$

Die Durchbiegung der Feder folgt aus:

$$\delta = \frac{1}{4}\,\frac{L^3}{b\,h^3}\,\frac{P}{E} = \frac{1}{6}\,\frac{L^2}{h}\,\frac{k_b}{E}\,n$$

worin $E = 20000$ den sog. Dehnungskoefﬁzienten bedeutet.

Die Berechnung der Schraubenfeder erfolgt nach:

$$d = \sqrt[3]{\frac{Pr\,16}{\pi\,k_d}}$$

worin P die Federbelastung, r den mittleren Federhalbmesser, d die Drahtstärke und k_d die Schubbeanspruchung (bei Gussstahl 50 kg/mm²) bedeuten. Die Durchbiegung ergiebt sich aus:

$$\delta = \frac{64\,n\,r^3}{d^4}\,\frac{P}{G} = \frac{4\,\pi\,n\,r^2}{d}\,\frac{k_d}{G}$$

worin n die Windungszahl bedeutet und

$$G = 0{,}4\,E = 8000$$

zu setzen ist.

3. d. Bremsen.

Die schon bei Dampfbahnen mit eigenem Bahnkörper ausserordentlich wichtige Bremsfrage gewinnt bei Bahnen auf dem öffentlichen Verkehre frei zugänglichen Wegen eine besondere Bedeutung, welche auch von vornherein das Augenmerk der Behörden auf sich lenkte.

Eine gute Bremse soll folgenden Bedingungen entprechen: Sie soll das Fahrzeug auf möglichst kurzem Bremswege sicher zum Stillstande bringen. Die Bremse soll stossfrei wirken. Die Räder dürfen vor Anhalten des Wagens nicht zum Stillstande kommen und auf den Schienen gleiten, weil die gleitende Reibung geringer als die rollende ist und beim Gleiten die Räder unrund werden. Der Bremsdruck soll stossfrei regelungsfähig sein. Die Bethätigung der Bremse soll an den Führer nicht zu hohe Anforderungen stellen. Die Bauart soll übersichtlich und einfach, die Einstellbarkeit, insbesondere bei Abnutzung der Reibungskörper, leicht sein.

Hierzu kommen bei Mitnahme von Anhängewagen noch die Forderungen: Die Bremsung soll bei allen Wagen gleichzeitig eintreten und gleichmässig bis zum Stillstande des Zuges wirken, so zwar, dass Stösse zwischen den Wagen vermieden werden. Die Bethätigung der Bremsen des ganzen Zuges soll von dem Führerstande des ersten Fahrzeuges aus möglich sein.

Man unterscheidet:

Mechanisch wirkende Handbremsen, Radbremsen, Schienenbremsen.

Elektrodynamische Bremsen (elektrische Bremsen).

Luftbremsen.
Magnetische Bremsen.
Federdruckbremsen. } Durchgehende Bremsen.

d. α. Die mechanisch wirkenden Handbremsen.

Während bei Strassenbahnen bisher die Handbremse lediglich als Gebrauchsbremse diente, hat sie diese Eigenschaft heute an die elektrischen und Luft-Bremsen abgetreten und kommt nur in besonderen Fällen in Thätigkeit. Welche Bremsen aber auch immer an einem Fahrzeuge angebracht sein mögen, so ist eine mit der Hand unmittelbar bethätigte Reibungsbremse unter allen Umständen als Sicherheitsbremse erforderlich.

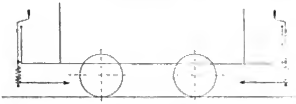
In den mechanischen Handbremsen wird die lebendige Kraft des Wagens durch die Arbeit der Reibung zwischen einem am Wagen aufgehängten Werke von Bremsklötzen und den Wagenrädern bezw. auf den Radachsen befestigten besonderen Bremsscheiben oder den Schienen aufgezehrt.

Band- oder Seilbremsen, bei welchen die Reibung zwischen einer Bremsscheibe und einem um dieselbe geschlungenen Bande oder Seile entsteht, sind nur vereinzelt in Aufnahme gekommen. Sie eignen sich wegen des unzuverlässigen Bremsmittels nicht zu den an offenen Wagenuntergestellen anzubringenden Bremsen.

α. 1. Die Radbremse (Handbremse).

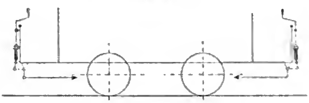
Als Handbremse bezeichnet man kurzweg eine mittels Handkurbel oder Handhebels bethätigte, die Räder mit Bremsklötzen angreifende Bremse. Der Kurbel-

Abb. 19.



Kettenbremse.

Abb. 20.



Schraubenspindelbremse.

druck wird durch eine um eine glatte Spindel gewickelte Kette (Textabb. 19, amerikanische Bremse) oder durch eine an einer Schraubenspindel emporsteigende Mutter (Textabb. 20) auf das Bremsgestänge übertragen. Die Kettenübertragung wirkt zwar schneller, ist aber wegen der bei Abnutzung oder Überhaspelung der Kette nicht seltenen Kettenbrüche und des nicht zwangläufigen Rückganges des Bremsgestänges weniger zuverlässig als die Übertragung durch Schraubenspindel. Die zwangläufige Lösung der Klotzbremse mittels der starren Schraubenspindelbremse befreit bei entsprechender Ausführung die Räder, selbst in steilen Gefällen, vom Bremsdrucke.

Bei dem Entwurfe des Bremsgestänges ist Folgendes zu beachten:

1. Die Drucke sämtlicher Bremsklötze eines Wagens sollen zwecks gleichmässiger und grösstmöglicher Bremsung der Achsen und gleichmässiger Abnutzung der Bremsklötze und Radreifen unter einander gleich sein.

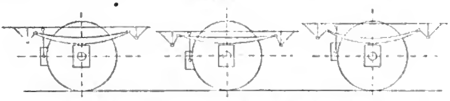
2. Die Bremse soll, der Klotzabnutzung folgend, leicht und genau nachgestellt werden können.
3. Die gegenseitige Beeinflussung der Wagenfederung und des Bremszuges soll möglichst gering sein.
4. Die Bremse soll, sofern die Wagen in Steigungen umzukehren haben, von jedem Führerstande aus angezogen und, wenn angezogen, von jedem Führerstande aus wieder gelöst werden können.

Zu 1. Die Gleichheit der Bremsdrucke setzt gleiche Raddrucke voraus. Sind die Raddrucke ungleich (z. B. bei Trieb- und Laufachsen, bei gewissen Arten von Drehgestellen (z. B. Taf. XI und XIV), so sind die Bremsdrucke nach dem Verhältnisse der Raddrucke zu bemessen. Bei der Berechnung sind die den Hebelneigungen entsprechenden Momentenhebelarme in Rechnung zu ziehen.

Zu 2. Die Nachstellung darf an das Personal nicht zu grosse Anforderungen stellen, da sie erfahrungsgemäss um so eher unterlassen wird, je unbequemer und schwieriger sie ist. Bei einer schlecht eingestellten Bremse weichen die Bremsdrucke von einander ab und kommen die Bremsklötze der gelösten Bremse leicht zum Schleifen (Mahlen), wodurch der Stromverbrauch wächst.

Zu 3. Die Wagenfederung wird selbst durch gute Bremsen beeinflusst und umgekehrt der Bremsdruck durch sie. In Textabb. 21 ist die Rückwirkung

Abb. 21.



Rückwirkung der Bremsklotzlage auf die Wagenfederung.

des unterhalb, oberhalb und in dem Radmittel angepressten Klotzes auf die Federung dargestellt. Dieselbe wird durch die senkrechten Bewegungen des Wagenkastens vergrössert. Die geringste Beeinflussung ergiebt die etwas über der Mittellinie des Rades angeordnete Bremsklotzlage.

Eine weitere nachteilige Wirkung des Bremszuges auf die Wagenfederung tritt bei einseitig am Rade anliegenden Klötzen ein. Die Achsbuchse wird hierbei an die Achsgabel gepresst und büsst dadurch an der freien Beweglichkeit im senkrechten Sinne ein, sodass der Wagen stösst. Auch werden Achsschenkel und Lager ungünstiger beansprucht als bei zu beiden Seiten des Rades anliegenden Klötzen. Bei Lenkachsen ist stets die zweiseitige Bremse anzuwenden.

Zu 4. Die unabhängige Bedienbarkeit der Bremse von beiden Führerständen eines Wagens aus bietet bei Strassenbahnen den Vorteil, bei einem in Steigungen vorzunehmenden Wechsel der Fahrtrichtung die auf dem oberen Führerstande angezogene Bremse auf dem unteren wieder öffnen zu können, mithin die Bremse nur in der Hand eines einzigen Mannes zu lassen und demselben den gefährlichen Wechsel seines Standortes bei abwärts rollendem Wagen zu ersparen. Zur Ausführung dieser Bedingung ist es nur erforderlich, das Bremsgestänge so einzurichten, dass bei angezogener Bremse an beiden Seiten die Ketten aufgewickelt

sind oder die Bremsspindelmuttern in der oberen Lage sich befinden (Textabb. 19 und 20). Es genügt dann, die Bremse von Zeit zu Zeit in das Gleichgewicht zu bringen, was mittels der Spannschlösser leicht möglich ist. Die Bremsspindeln müssen gegen selbständiges Lösen gesichert werden.

In der Anordnung des Bremsgestänges ist man durch die im Untergestelle untergebrachten Motoren sehr gehindert, zumal, wenn man zweiseitigen Klotzdruck d. h. bei zweiachsigen Wagen achtklotzige Bremsen ausführt. In Abb. 2 und 3, Taf. XXV und Abb. 1 bis 6, Taf. XXVI sind gebräuchliche Anordnungen für zweiachsige Wagen angegeben. Abb. 2, Taf. XXV stellt für innenliegende Motoren eine verbreitete Bauart für vierklotzige Bremsen mit in wagerechten, Abb. 1, Taf. XXVI und Abb. 2, Taf. XXVI mit in senkrechten Ebenen schwingenden Hebeln dar. Abb. 2, Taf. XXV entspricht Abb. 3, Taf. XXV sofern nur ein Führerstand vorhanden ist.

Liegen die Motoren nach aussen, was bei kleinen Achsständen oder Motoren mit doppeltem Vorgelege zuweilen notwendig wird, so kann die Anordnung nach Abb. 3, Taf. XXVI getroffen werden.

Während bei den vorgenannten Anordnungen zufolge der nicht um feste Punkte schwingenden Hebel die eine Bremsklotzseite im Anzuge von der andern abhängig ist, liegt in Abb. 3, Taf. XXVI der Drehpunkt fest, sodass die Klötze von vornherein auf gleichmässigen Druck eingestellt werden müssen. Erstere Anordnung ist besser, erfordert aber bei in grossen Steigungen laufenden Wagen, z. B. Strassenbahnwagen, nachstellbare Anschläge für jede Radseite. Bei schwachen Steigungen können die Anschläge entbehrt werden, da die Schwerkraft der geneigt aufgehängten Bremsklötze allein ein völliges Abstehen derselben vom Rade herbeizuführen vermag. An einem auf 50 und 80 ‰ fahrenden Strassenbahnwagen hingegen würde das Lösen der Bremse und hierauf der Anzug zu viel Zeit erfordern, wenn man nicht den gleichmässigen Rückgang der Klötze durch nachstellbare Anschläge begrenzte. Bei dem in Abb. 4, Taf. XXVI dargestellten Gestänge für achtklotzige Bremsen nimmt diese, bei Bahnen untergeordneter Bedeutung die Instandhaltung erschwerende Nachstellung der Anschläge an Umfang zu, sodass es sich bei diesen empfiehlt, die bei schwachgeneigten Bahnen ausgezeichneten Anordnungen der schwingenden Drehpunkte zu verlassen und zu den in Abb. 3 und 6, Taf. XXVI angegebenen Anordnungen überzugehen, bei denen die Bremsklötze nur einmal auf gleichmässigen Druck einzustellen sind; sie liegen dann infolge der im grossen Ganzen gleichen Abnutzung stets mit gleichen Drucken an.

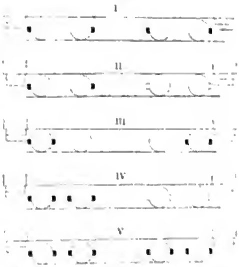
Als verfehlt muss die Teilung der achtklötzigen Bremsen in zwei vierklötzige bezeichnet werden[1]), welche dem Wagenführer bei Gefahren eine zweite Bremse an die Hand geben soll. Sie ist nur als eine den Führer verwirrende und an die Unterhaltung ausserordentliche Ansprüche stellende Verwickelung anzusehen.

Die Handbremse der vierachsigen (Drehgestell-) Wagen setzt sich aus den hier entwickelten Bremsen der zweiachsigen Wagen zusammen. Jenachdem mit Rücksicht auf Bahnneigung und Fahrgeschwindigkeit das ganze oder nur halbe Reibungsgewicht des Wagens zur Bremsung benutzt werden soll, unterscheidet man

[1]) Nach Vorschrift der Kgl. Eisenbahn-Direktion an den zweiachsigen Motorwagen der Bergischen Kleinbahnen (1897) angebracht und daselbst bald wieder entfernt.

Bremsen mit gleichzeitigem Anzuge von vier Klötzen an beiden Achsen eines Drehgestelles oder nur einer, der Triebachse; von acht Klötzen an beiden Achsen eines Drehgestelles, und gleichzeitig von den gleichliegenden Klötzen des zweiten Drehgestelles. In Textabb. 22 sind diese Fälle veranschaulicht; die schwarzen Klötze werden von einem Führerstande aus gleichzeitig angezogen.

Abb. 22.



Bremsanordnung bei Drehgestellwagen.

Da die Rückwirkung einseitig anliegender Bremsklötze auf die Achsfederung bei diesen Wagen weniger empfunden wird und auch Lenkachsen hier nicht vorkommen, so verdienen die einfacheren vierklotzigen Bremsen an jedem Drehgestelle den Vorzug, wobei es sich jedoch empfiehlt, stets das ganze Gewicht des Wagens als Bremsgewicht heranzuziehen, d. h. von jedem Führerstande aus beide Drehgestelle zu bremsen (Anordnung I).

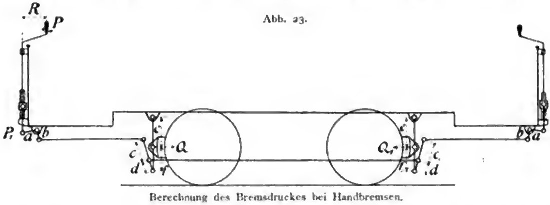
Die freie Beweglichkeit des Drehgestelles erfordert es, dass der Bremsangriff möglichst nahe dem Drehmittel gerückt wird (Taf. XII und XV); auch kann man den Angriff durch eine an einem um das Drehmittel beschriebenen Kreisbogen laufende Rolle bewirken (Textabb. 75).

Berechnung der Handbremse.

Die Berechnung der Handbremse kann in zweierlei Weise erfolgen: man berechnet entweder nur den Bremsdruck der Klötze gegen die Räder, oder nach Feststellung desselben auch noch den Bremsweg, d. h. die Länge der Strecke, welche der Wagen vom Beginne der Bremsung an bis zum Stillstande durchläuft.

Die Ermittlung des Bremsweges auf rechnerischem Wege ist eine nutzlose Arbeit, da hierzu die Kenntnis des Wertes der gleitenden und rollenden Reibung

Abb. 23.



Berechnung des Bremsdruckes bei Handbremsen.

zwischen Rad und Bremsklotz bezw. Rad und Schiene nötig ist, einer vorher kaum feststellbaren, übrigens von der Witterung sowie den Strassen- und allgemeinen Gleisverhältnissen abhängigen Ziffer. Man begnügt sich deshalb damit, nur den Bremsdruck durch Berechnung des Bremsgestänges und Bremsantriebes zu bestimmen.

Bezeichnen r den mittleren Halbmesser und s die Steigung des Schraubengewindes, μ den Wert der gleitenden Reibung, Q den Druck eines Bremsklotzes, so ist (vgl. Textabb. 23):

$$P_1 = \frac{P\,R}{r}\,\frac{2\,r\,\pi - \mu\,s}{s + 2\,r\,\pi\,\mu}$$

$$Q = P_1\,\frac{a}{b}\,\frac{c}{d}\,\frac{e+f}{e}$$

$$Q_1 = P_1\,\frac{a}{b}\,\frac{c+d}{d}\,\frac{c}{c+d}\,\frac{e+f}{e} = Q$$

Der Druck P an der Kurbel kann mit dem Höchstwerte von 20 k und μ unter Voraussetzung der Schmierung des Gewindes zu 0,16 angenommen werden.

Bei der Berechnung der Kettenbremse wird die Kette als biegsames Seil angenommen und der zugehörige Hebelarm

$$l = r + \frac{\delta}{2}$$

gesetzt, worin r den Halbmesser der Kettenspindel an der Aufwicklungstelle und δ die Kettenstärke bedeuten.

Da die Reibung der Ruhe grösser ist als die der Bewegung, so erreicht die zwischen Rad und Schiene auftretende Reibung dann ihren Höchstwert, wenn die Räder eben noch rollen, nicht aber wenn sie, völlig festgebremst, sich überhaupt nicht mehr drehen und auf den Schienen gleiten[1]. Durch dieses Gleiten entstehen überdies an den Laufkränzen der Räder die sog. Bremsflächen d. h. Abplattungen, welche den ruhigen Gang des Wagens beeinflussen und ein Hämmern der Räder auf den Schienen zur Folge haben. Die den Strassenbahnen von den Aufsichtsbehörden oft vorgeschriebenen hohen Bremsdrucke von 80 und 100 v. H. des besetzten Wagens sind deshalb betriebsgefährlich und dienen keineswegs zur Erhöhung der Bremsfähigkeit des Wagens. Nach den bisherigen Erfahrungen sollte der Bremsdruck bei auf öffentlichen Wegen geführten Strassenbahnen 60 v. H. des besetzten Wagens nicht überschreiten, während er bei Bahnen auf eignem Bahnkörper, insbesondere den Lokalbahnen, je nach der Fahrgeschwindigkeit den bei Dampfbahnen hierfür festgesetzten Bestimmungen unterliegt[2]. Dasselbe bezieht sich auf die Anzahl der Bremsachsen eines Zuges, welche bei Bahnen auf öffentlichen Wegen stets gleich der Gesamtzahl der Achsen des Zuges sein soll.

Die Ausführung der Handbremse.

In Taf. IV bis Taf. XIX werden die Ausführungen einiger, in ihrem Wesen oben angegebener Bremsen veranschaulicht.

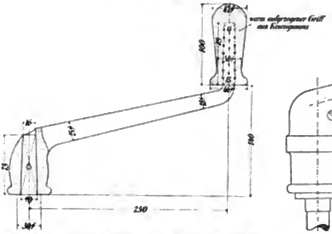
---

[1]) Es lässt sich demnach an einem Fahrzeuge, dessen dem Reibungsgewichte entsprechender Bremsdruck infolge zu hoher Hebelübersetzung zwischen Kurbel und Klotz bei kräftigem Anzuge der Kurbel überschritten wird und somit, insbesondere in Gefahrfällen, ein Festbremsen der Räder herbeiführt, die Bremswirkung dadurch erhöhen, dass man die Bremse in regelmässiger Wiederholung etwas löst und wieder anzieht. Ein solches Verfahren kann selbstverständlich nur als Notbehelf bei mangelhaften Bremsen, d. h. zu hohen Bremsdrucken dienen und wird wohl in Gefahrfällen, in denen begreiflicherweise der Führer nach Kräften zu bremsen bemüht ist, kaum angewandt werden.

[2]) S. Grundzüge für den Bau und Betrieb der Lokaleisenbahnen.

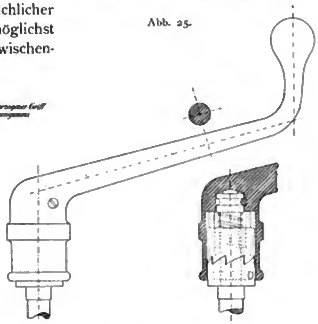
Das Bremsgestänge muss zwecks Vermeidung zu grosser Nachgiebigkeit und Dehnbarkeit kräftiger gehalten werden als es die Festigkeit verlangt. Alle Bolzen, Zapfen und Gabeln bedürfen reichlicher Auflageflächen, damit ihre Abnutzung möglichst hintangehalten werde. Unterlags- und Zwischen-

Abb. 24.



Festaufgezogene Bremskurbel mit isoliertem Griffe.
M. 1 : 5.

Abb. 25.

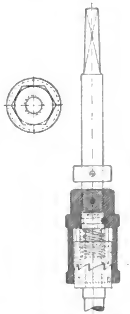


Bremskurbel mit Ratsche. M. 1 : 4.

lagsscheiben an den Gelenken sind wegen des durch sie bei der Fahrt hervorgerufenen Rasselns fortzulassen; dagegen sind alle Schrauben und Bolzen durch starke Splinte zu sichern.

Das Vorbeiführen des Gestänges nahe an festen Wagenteilen ist wegen des bei der Fahrt auftretenden Klapperns zu vermeiden. Das Herabfallen etwa brechender Gestängteile muss durch mehrere, die Hauptträger des Gestänges umgreifende Schleifen aus Bandeisen (Taf. V) verhütet werden, deren innere Auskleidung mit Leder sich empfiehlt.

Abb. 26.



Bremsspindel mit Ratsche.
M. 1 : 4.

Die Bremskurbeln müssen bei Schraubenspindelbremsen, selbst mehrgängigen, fest auf der Spindel sitzen (Textabb. 24), bei Kettenbremsen können sie mit der Spindel durch eine Ratsche verbunden werden (Textabb. 25 und 26)[1], welche eine für das Anziehen bequeme und günstige Kurbelstellung ermöglicht. Die Handgriffe werden zweckmässig mit einer isolierenden Hülse eingefasst, um den Führer bei mangelhafter Isolation des Reglers gegen elektrische Schläge möglichst zu sichern. Feste Handgriffe verdienen vor drehbaren den Vorzug, weil sie kräftigeren und bequemeren Anzug der Spindel ermöglichen.

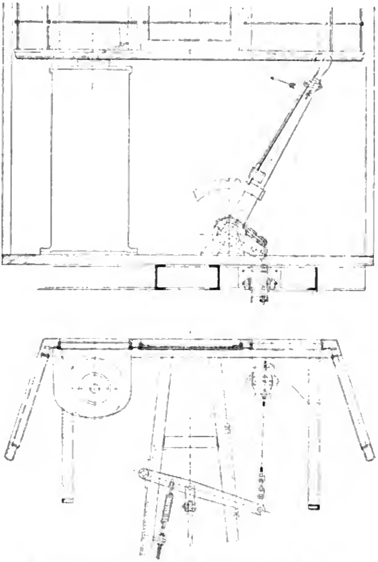
An Stelle der Kurbel verwendet man auch Hebel, die entweder mittels Kette (Textabb. 27) oder besser mittels starren Gestänges das Bremsgestänge ergreifen.

[1]) Bezug durch Hermann Heinrich Böker & Co., Berlin.

Einen zwecks Raumersparnis besonders bei geschlossenen Plattformen senkrecht angeordneten Kurbelantrieb mit Kegelräder-Übersetzung zeigt Textabb. 28.

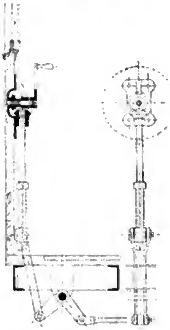
Die Bremsspindeln sind gegen Rückdrehung durch Sperrklinken (Textabb. 29) zu sichern, und es bilden hierbei nur die eingängigen Schraubenspindeln wegen ihrer Selbstsperrung eine Ausnahme. Bei Kettenspindeln windet man oft zur Sicher

Abb. 27.



Bremsantrieb mittels Hebels. M. A.-G. Nürnberg. M. 1 : 20.

Abb. 28.



Senkrechter Bremsantrieb mit Kegelrädern. M. A.-G. Nürnberg. M. 1 : 20.

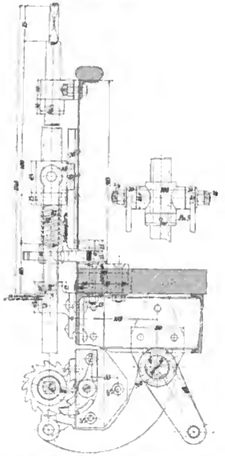
heit zwei Ketten auf (Textabb. 30). Das untere Ende der Kettenspindel muss gegen den Wagen abgestützt werden.

Schraubenspindeln erhalten flaches Gewinde und sind meist dreigängig. Zur Begrenzung der Rückdrehung ordnet man an der Spindel eine in der Höhe feststellbare Gegenmutter an. Gegen Eindringen von Staub sind Schutzbleche um die Schraubenspindel anzubringen.

Die Bremsklötze bestehen aus weichem Gusseisen mit Zusatz von Stahlspähnen. Zwecks billiger Auswechslung führt man den Reibungskörper gesondert

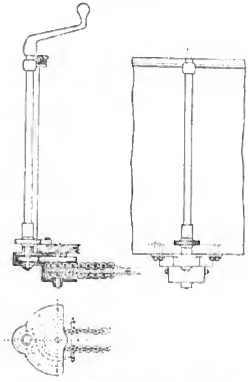
aus (Textabb. 31 und 32). Das schiefe Auslaufen der Bremsklötze wird durch eine erforderlichen Falles um die Motoren herumzuführende, die Bremsklötze einer Radseite fest mit einander verbindende Querstange verhindert (Textabb. 31). Die starre Verbindung der die Bremsklötze tragenden Hebel- oder Hängeeisen untereinander, sowie die

Abb. 29.



Schraubenspindelantrieb mit Sperrklinke.
M. 1 : 8.

Abb. 30.



Kettenspindel mit Doppelkette. M. 1 : 20.

Auskehlung des Bremsklotzes nach der Form des Radspurkranzes erfüllen ihren Zweck nicht.

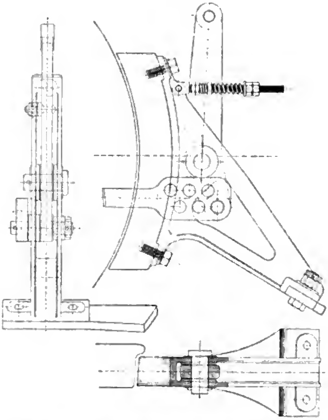
Da die Bremsklötze sich infolge ihrer einseitigen Aufhängung gegen das Rad neigen, bedürfen sie einer in Textabb. 31 dargestellten Stütze am Hängeeisen.

Die Einstellung sowie das Nachregeln des Bremsgestänges bei Abnutzung der Reibungskörper erfolgt mittels Spannschlösser (Taf. VII, IX und XII) oder durch länglich ausgebildete Stangenköpfe mit versetzten Löchern (Textabb. 31). Letzteres Mittel ist zwar einfacher aber weniger zulänglich.

Die Bremsklötze müssen beim Lösen der Bremse durch starke Abzugsfedern von den Rädern abgezogen werden (Taf. VI, VIII und X). Dieselben greifen das Gestänge an geeigneter Stelle an und können als Flach- oder Schraubenfedern ausgebildet werden. Das Gewicht geneigt aufgehängter Bremsklötze reicht zum Abzuge nur bei schwachen Bahnsteigungen aus. Die in Taf. V und XIII angegebenen

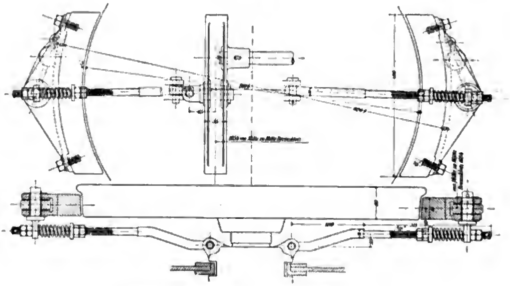
flachen Abzugfedern können gleichzeitig als nachstellbare Anschläge für die Begrenzung des Klotzrückganges dienen, wobei die Angriffspunkte der Federn an den Zug-

Abb. 31.



Zweiteiliger Bremsklotz mit starrer Querverbindung. M. 1 : 8.

Abb. 32.



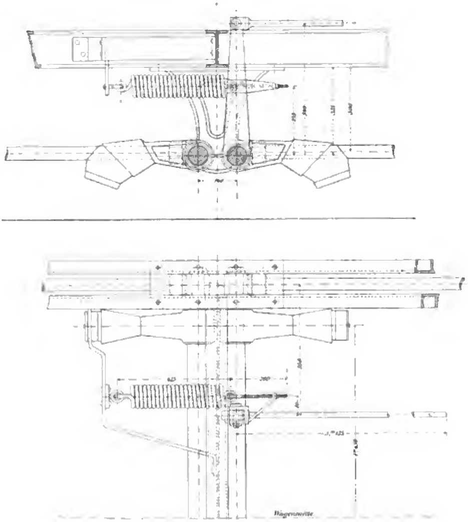
Bremsklotzanschlag für Lenkachsen. M. 1 : 10.

stangen durch Schraubenmuttern gebildet werden. Auf Taf. XVIII ist als Abzugsvorrichtung ein Fallgewicht an einem Winkelhebel angewandt. Textabb. 32 giebt eine Anschlagsvorrichtung für Lenkachsen an.

α. 2. Die Schienenbremsen.

Für Bahnen, welche starke Gefälle befahren, hat man als Sicherheitsbremsen sog. Schienenbremsen in Anwendung gebracht. Dieselben, nach Textabb. 33 ausgeführt, entsprechen ihren Zwecken nicht, weil die Klötze in Gleiskrümmungen nicht genau auf den Schienenköpfen aufliegen und weil der ganze Druck durch das

Abb. 33.

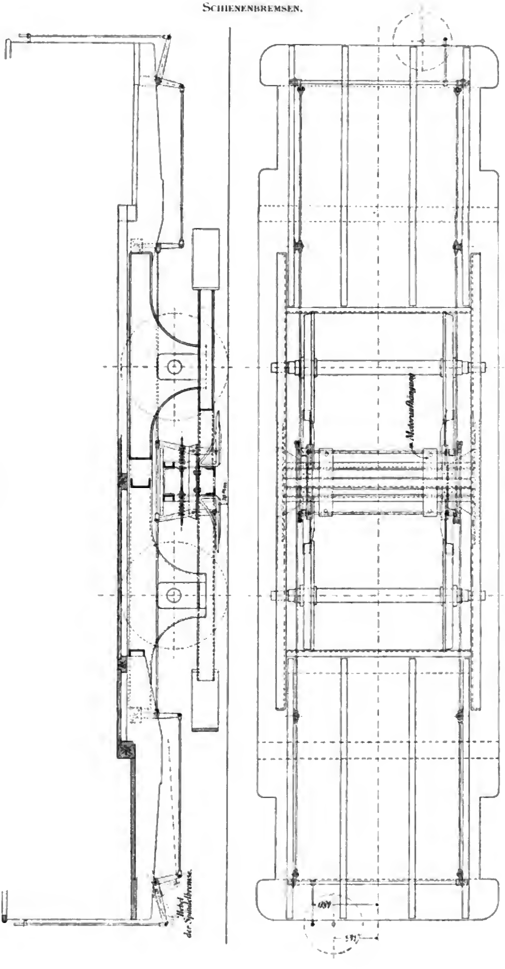


Schienenbremse M. 1 : 15.

Gestänge und die Klotzaufhängung allein bewirkt bezw. aufgenommen werden muss wozu dieselben nicht starr genug sind.

Besser haben sich die Ausführungen mittels Keilschuhe (Fallklotzbremse) nach Textabb. 34 bewährt. Die Klötze müssen einerseits dem Schienenkopfe und

Abb. 34.



Keilschuhbremse (Fallklotzbremse). M. A.-G. Nürnberg. M. 1 : 30.

anderseits dem Radquerschnitte angepasst werden, damit der Wagen die Schienenführung nicht verliert.

Obwohl die Wirkung dieser Bremsen auf Reibung der Bewegung beruht, die kleiner als die der Ruhe ist, kann sie doch die die Räder nicht festbremsende Klotzbremse an Wirkung übertreffen, weil die Keilschuhe wegen ihrer grossen Auflagefläche eine grosse Schienenfläche überdecken, daher durch Ungenauigkeiten und Verstaubungen des Gleises mancherlei Klemmungen an und in den Schienen erfahren.

Die Keilschuhbremse setzt mit einem der Fahrgeschwindigkeit entsprechenden starken Rucke ein und macht, wirkliche Gefahrfälle ausgenommen, durch die damit verbundenen Gefahren für die Insassen des Wagens wieder schlecht, was sie günstigen Falles durch schnelles Anhalten des Wagens gut macht.

Die auf magnetischer Anziehung beruhende Schienenbremse von Schiemann[1]) dürfte zu häufiger Anwendung kaum gelangen, weil sie in Anschaffung und Unterhaltung teuerer als eine mechanische Fallklotzbremse ist, in Gleiskrümmungen einen breiten, gut geebneten Streifen zwischen den Anpflasterungen der Schiene verlangt, der einen kleinen Zwischenraum zwischen Magnet-Klotz und Schienen und dadurch überhaupt nennenswerte Anziehung gewährleistet und weil sie leichter Beschädigungen ausgesetzt ist.

d. β. Die elektrodynamische Bremse (Kurzschlussbremse).

Der elektrische Antrieb besitzt wie kein anderer Betrieb in seinem Motor ein für gewisse Verhältnisse geradezu ideales Bremsmittel. Benutzt man die einem fahrenden Wagen innewohnende lebendige Kraft dazu, den von der Stromzuführung abgeschalteten und zur Dynamowirkung umgeschalteten Motor anzutreiben, so wird sie in elektrische Energie umgesetzt, welche man wiederum in Widerständen in Wärme verwandeln kann.

Regelung der elektrischen Bremse. Die Bremswirkung, d. h. Stromerzeugung kann durch Einschaltung von Widerständen in den Bremsstromkreis oder durch Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes geregelt werden, sodass auch bei einem abwärts rollenden Wagen die das zur Selbstbewegung bei einer gewissen Geschwindigkeit benötigte Mass überschreitende Energie durch Stromerzeugung aufgenommen und die Fahrgeschwindigkeit ohne Hilfe der mechanischen Bremse d. h. ohne Abnutzung der Bremsklötze geregelt werden kann.

Wird bei vollerregtem Felde der Widerstand im äusseren Stromkreise ausgeschaltet, sodass die Motorbürsten unmittelbar miteinander verbunden werden, der Motor also kurzgeschlossen wird, so lässt sich eine so heftige Bremswirkung erzielen, dass die Motoren, deren Triebwerk und die Wagenräder Schaden nehmen können. Derartige Fälle treten bei grossen Geschwindigkeiten und im Verhältnisse zur Motorgrösse hohen Wagengewichten, d. h. Radreibungen ein. Bei einem mit Speicherbetriebe versehenen Hauptbahn-Personenwagen von 26 t Gesamtgewicht wurden, als bei 40 km/Std. Fahrgeschwindigkeit die Kurzschlussbremse eingeschaltet wurde, die Antriebsräder zertrümmert. Derartige Kräfte müssen auf Kosten des Bremsweges vermindert werden. Auf die Beanspruchung

[1]) S. Elektrotechnische Zeitschrift 1899, S. 535.

der Motoren und Triebwerke bei Bremsungen ist entsprechende Rücksicht zu nehmen, da die überaus hohen Stromstärken den Motor schneller als der gewöhnliche Betrieb erwärmen bezw. seine Isolationen gefährden. Ein zur elektrodynamischen Gebrauchsbremsung herangezogener Motor muss deshalb grösser bemessen sein als wenn er nur zur Fortbewegung des Wagens diente. Das ist besonders bei Strassenbahnen wegen der in kurzer Zeitfolge sich wiederholenden Bremsungen zu beachten. Die Arbeit des Motors besteht hier nur zum geringsten Teile aus gleichmässiger Belastung. Sie steigt vielmehr bei der Anfahrt, die meist mit grossen Beschleunigungen vor sich geht, weit über das gewöhnliche Mass an, um allmählich auf dieses zu sinken, bis sie kurz darauf infolge der Stromerzeugung bei der Bremsung wiederum auf eine erhebliche Überlastung ansteigt.

Manche Strassenbahnen, welche die elektrodynamische Bremse von der Notbremse zur Gebrauchsbremse erhoben, sahen sich infolge fortschreitender Verkohlung der Ankerisolationen gezwungen, von der elektrischen Bremsung wieder Abstand zu nehmen. Die elektrodynamische Gebrauchsbremsung verdient bei der Motorbemessung volle Berücksichtigung und ist in den Lieferungsbedingungen als Gebrauchsbremse ausdrücklich zu bezeichnen.

Der Regelung der elektrischen Bremse entsprechend kommt letztere entweder zum Anhalten auf wagrechten Strecken oder zur Einstellung bestimmter Fahrgeschwindigkeiten in Gefällen zur Verwendung.

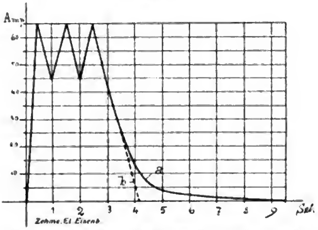
Die **elektrodynamische Stillstandsbremsung** ist nur auf wagrechten oder nahezu wagrechten Strecken, nicht aber in steigenden oder fallenden Strecken möglich, weil die stillstehende Motor-Dynamo stromlos, d. h. ohne bremsende Rückwirkung auf die Radachsen ist, und der Wagen, der Schwerkraft folgend, das Gefälle hinabrollen würde. Ausserdem ist die elektrische Stillstandsbremse bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten nahezu unwirksam. In beiden Fällen ist also zum Anhalten die Handbremse mitzubenutzen. Dies bedeutet schwerwiegende Schattenseiten der elektrischen Bremse. Dass die elektrische Bremse ausserdem als selbstthätig wirkende, durchgehende Bremse nicht verwendet werden kann, sei hier schon im voraus bemerkt[1]).

Die elektrische Stillstandsbremsung ist durch Vorschaltwiderstände einzuleiten. Schnellaufende Hauptstrommotoren, plötzlich kurzgeschlossen, erzeugen derartig hohe Stromstärken, dass die Reibung zwischen Rad und Schiene nicht mehr hinreicht, den in dem starken Magnetfelde befindlichen, selbst stark magnetisierten Anker fortzubewegen. Der Anker und mit ihm sein Radsatz kommen zum völligen Stillstande, wobei der Wagen auf den Schienen solange gleitet, bis die abnehmende Stromstärke wieder Bewegung zulässt. Auf Grund dieser Beobachtungen vom Verfasser angestellte Versuche haben ergeben, dass der Wagen bei hohen Fahrgeschwindigkeiten und schnellem Kurzschlusse der Motoren mehr Zeit bis zum Stillstande gebraucht, als wenn die Bremsstromstärke von Anfang an in dem der Radreibung entsprechendem Masse geregelt wird, weil die Reibung der Bewegung geringer als die der Ruhe ist. Hierbei werden überdies die Stösse bei Beginn der Bremsung erheblich gemildert. Der Stromverlauf einer solchen elektrischen

[1]) Siehe Durchgehende Bremsen S. 50.

Stillstandsbremsung von grösstmöglicher Wirkung bei gegebenem Motor wird durch Textabb. 35 dargestellt. Die Stromstärke steigt schnell bis zu der dem Vorschaltwiderstande entsprechenden Grösse an, sinkt sofort wieder, um sich bei jeder weiteren Widerstandsverminderung immer wieder zu erheben. Die bei der letzten Bremsstufe zuerst schnell, dann sehr langsam abnehmende Stromstärke a deutet auf den langsamen Auslauf des Wagens hin, ein Vorgang, welcher sich durch die Handbremse bedeutend abkürzen lässt, wobei die Schaulinie b wie punktiert gezeichnet verlaufen wird. Die Erfordernisse schneller Beförderung und möglichst hoher Ausnutzung der Betriebsmittel macht diese Mitbenutzung der Handbremse bei hohen Fahrgeschwindigkeiten nötig, worin ein weiterer Nachteil der elektrischen Bremse besteht (siehe S. 42).

Abb. 35.



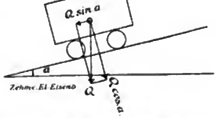
Stromverlauf bei elektrischer Stillstandsbremsung eines Triebwagens mit 1 Motor.

Die Berechnung der elektrodynamischen Stillstandsbremse hat mit Rücksicht auf die schwankenden Werte der Reibung zwischen Rad und Schiene nur theoretischen Wert. Ausserdem würde diese Rechnung bestimmte, im regelmässigen Betriebe kaum erfüllbare Bedingungen an die Handhabung des Reglers, d. h. Zeitfolge der einzelnen Schaltstufen bei bestimmten Fahrgeschwindigkeiten und Steigungen voraussetzen.

Bei gewöhnlichen Strassenbahnen sind die zur elektrodynamischen Gebrauchs-Stillstandsbremsung benutzten Motoren um ca. $^1/_3$ ihrer der Fortbewegung des Wagens allein entsprechenden Zugkraft grösser auszuführen. Schnellfahrende Stadtbahnen erhalten schon mit Rücksicht auf die schnellen Anfahrten stärkere Motoren, die bei elektrodynamischer, dem regelmässigen Gebrauche dienender Stillstandsbremsung ausserdem um etwa $^1/_4$ ihrer dem Antriebe entsprechenden Zugkraft zu vergrössern sind. Übrigens ist es zweckmässiger, diese Bahnen, die wohl selten unter 40 km/Std. Fahrgeschwindigkeit erhalten, gleichwie die mit dieser Geschwindigkeit fahrenden Lokalbahnen mit durchgehenden Luftbremsen zu versehen (s. S. 51 u. f.).

Die **elektrodynamische Geschwindigkeitsbremse** wird zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit bergab rollender Wagen angewandt. Ihre Wirkung beruht auf Herstellung eines Gleichgewichtszustandes zwischen Energieüberschuss und Stromerzeugung. Bezeichnen (Textabb. 36):

Abb. 36.



Berechnung der elektrischen Regelungsbremse.

- w in k auf 1 t Wagengewicht den Bewegungswiderstand in der Ebene ($\alpha = 0$)[1];
- w_1 in k auf 1 t Wagengewicht den Bewegungswiderstand in der Steigung, bezw. im Gefälle;
- Q in t das Wagengewicht,

[1]) Siehe Abschn. II., Berechnung der Motorstärke.

so ist für die Aufwärtsbewegung

$$w_1 = w \cos \alpha + 1000 \sin \alpha$$

und für die Abwärtsbewegung

$$w_1 = w \cos \alpha - 1000 \sin \alpha.$$

Ist $$w \cos \alpha = 1000 \sin \alpha$$

so verzehrt der Wagen bei der Abwärtsbewegung seine durch die Schwerkraft hervorgerufene Energie durch die Widerstandsarbeit seiner Bewegung, d. h. der Wagen bleibt im Gefälle eben noch stehen. Für die bei Strassenbahnen bezw. bei Lokalbahnen mit eigenem Bahnkörper geltenden Reibungsverhältnisse ist dieser Wert $\alpha = 0^0\,50'$ bezw. $0^0\,20'$, woraus hervorgeht, dass bei hohen Steigungen $w \cos \alpha$ gegenüber $1000 \sin \alpha$ eine nur geringe Bedeutung hat, und mithin die bei der Berechnung der elektrodynamischen Stillstandsbremse als sehr schwankend bezeichnete Grösse w in ihren verschiedenen, von dem jeweiligen Gleiszustande abhängigen Werten die beim Bergabfahren frei werdende Energie wenig beeinflusst. Letztere lässt sich daher nahezu genau bestimmen.

Ist z. B. die Steigung 50‰, d. h. $\alpha = 3^0$ und bei Strassenbahnen $w = 15$, so ist

$$w_1 = 15 \,.\, 0{,}998 - 1000 \,.\, 0{,}05$$
$$= 15 - 50 = -35 \text{ k}$$

d. h. der Wagen entwickelt im Gefälle am Umfange der Räder eine Kraft von 35 k t, die sich bei 8 t Gewicht auf 280 k beläuft. Hat man sich nun in der Annahme von w z. B. um 20% geirrt, ist w also = 18 k, so beträgt jene Kraft statt 280 k immer noch 256 k.

Mit dieser, die Radachsen d. h. Motor-Dynamos antreibenden Kraft lässt sich nun unter Zugrundelegung der geforderten Fahrgeschwindigkeit für die Bergabfahrt der erforderliche Vorschaltwiderstand berechnen.

Die elektrodynamische Geschwindigkeitsbremse ist eher als die Stillstandsbremse im Betriebe verwertbar. Sie vermeidet im Gefälle die Abnutzung der Bremsklötze der mechanischen Bremse sowie die Erhitzung und Abnutzung der Radreifen. Als Sicherheitsbremse leistet sie insofern in starken Gefällen gute Dienste, als die Fahrgeschwindigkeit durch sie ganz erheblich und zwar bis zu dem Masse vermindert werden kann, dass die mechanische Handbremse den völligen Stillstand herbeizuführen imstande ist[1].

[1]) Bei einem Strassenbahnunfalle, zu dessen gerichtlicher Behandlung Verfasser um ein Gutachten angegangen wurde, war der Fall eingetreten, dass ein Wagen nach vorübergehendem Stillstande auf einer Steigung von 80‰ nicht wieder anfahren konnte, indem die Räder auf den mit Laub bedeckten Schienen schleuderten. Der Wagenführer schaltete mehrmals den Strom vergeblich ein, wobei zwar die Räder sich nach vorwärts (bergauf) drehten, der Wagen selbst aber rückwärts (bergab) glitt. Nachdem der Wagenführer die Erfolglosigkeit des Verfahrens eingesehen hatte, zog er die Handbremse an, die indessen nicht mehr imstande war, den Wagen, welcher bereits eine beträchtliche Fahrgeschwindigkeit angenommen hatte, zum Stillstande zu bringen, umsoweniger als der Führer unwillkürlich die Bremse bis zum Stillstande der Räder anzog. Der mit festgestellten Rädern das Gefälle hinabgleitende Wagen erreichte allmählich eine Fahrgeschwindigkeit von 20 bis 25 km Std. und rannte, bevor er in einer Gleiskrümmung am Fusse der Steigung entgleiste, ein Pferdefuhrwerk um.

Als Beispiel hierfür mag der Betrieb auf dem Perlachberge in Augsburg dienen. Die Steigung beträgt daselbst fast gleichmässig 100‰ mit dem Grösstwerte von 102‰. Der mit zwei Motoren ausgerüstete Triebwagen fährt dies Gefälle, elektrisch gebremst, mit 5 km/St. hinab. Soll der Wagen hierbei auf 100‰ Gefälle anhalten, so geht man auf die Kurzschlussstellung über und zieht in dem Augenblicke, wo der Wagen die der Kurzschlussbremse entsprechende Fahrgeschwindigkeit von 2½ km/St. annimmt, langsam die mechanische Radbremse (Handbremse) an. Das Gleis wird in diesem Gefälle, welches inmitten dichtbelebter Strassen liegt, nach behördlicher Vorschrift durch einen dazu eigens angestellten Mann gereinigt und gesandet.

In starken und langen Gefällen ist die aus der Schwerkraft des Wagens gewonnene Energie nicht unbeträchtlich, sodass man von jeher darauf bedacht war, sie nutzbar zu machen. Dies kann in zweierlei Weise geschehen: entweder benutzt man die aus der elektrischen Energie in den Widerständen des Bremsstromkreises gewonnene Wärme zur Heizung der Wagen, oder man leitet die elektrische Energie in die Stromquelle zurück.

Die elektrische Heizung der Wagen mittels des Bremsstromes ist, selbst unter Zuhilfenahme der bei der Anfahrt und bei gewissen Regelungsarten bei der Fahrt selbst in Vorschaltwiderständen entstehenden Wärme unzureichend und erfordert überdies eine besondere Vorrichtung zu anderweitiger Ableitung der Wärme in der warmen Jahreszeit. Die Unterbringung der Widerstände in den Wagenkasten hat mehrerenorts z. B. in Pest zu Wagenbränden Veranlassung gegeben.

Die Wiedergewinnung der elektrischen Energie bei der Fahrt in Gefällen ist von jeher stark überschätzt worden. Es ist zunächst von der Bremsstrecke der Teil in Abzug zu bringen, welcher durchfahren wird, ehe der Wagenführer die Spannung der Motor-Dynamos nach derjenigen der Zuleitung geregelt und den Gleichgewichtszustand zwischen Bewegung und Stromerzeugung für die angestrebte Fahrgeschwindigkeit hergestellt hat. Diese Spannungsregelung ist nach allen Haltestellen oder Punkten, an denen besondere Geschwindigkeitsverminderung nötig ist (z. B. Strassenkreuzungen), sowie an jedem Gefällsbruche und an allen Stellen, wo die Spannung der Stromzuleitung sich ändert (z. B. Speisepunkten), neu vorzunehmen. Sie verlangt im Übrigen einen geschickten und geübten Wagenführer.

Von der auf den so verbleibenden Strecken erzeugten elektrischen Energie geht auf die Stromerzeugungsstelle oder mit Umgehung derselben auf die benachbarten, strombedürfenden Fahrzeuge wegen des Spannungsverlustes in den Leitungen nur

Hiermit war die Wirkungslosigkeit der von der Erbauerin der Bahnanlage als vorgeschriebene „elektrische Notbremse“ angeordneten Rückstromschaltung bewiesen. Die elektrodynamische (elektrische) Bremse hätte zwar die vertragliche Bestimmung einer elektrischen Bremse, die zum Anhalten des Wagens in Gefällen geeignet sei, auch nicht erfüllt; sie hätte dagegen die gute Wirkung gehabt, dass die Fahrgeschwindigkeit entsprechend der zwischen Rad und Schiene immerhin noch vorhandenen, nicht unbeträchtlichen Reibung durch Stromerzeugung der Motoren soweit vermindert worden wäre, dass ein langsames Anziehen der mechanischen Handbremse den Wagen zum Stillstande gebracht hätte. Mindestens hätten Fussgänger und Fuhrwerke sich vor dem langsam herabkommenden, elektrisch gebremsten Wagen eher als vor dem mit 20 bis 25 km/Std. fahrenden in Sicherheit bringen können.

ein Teil über. Bei Speicherbetrieb fällt dieser Verlust fort. Schliesslich ist der Wirkungsgrad der Motor-Dynamos wegen der im Vergleiche zur Bergfahrt geringen Belastung nicht hoch; er beträgt unter gewöhnlichen Verhältnissen etwa 35 bis höchstens 50%.

Von dieser Ersparnis ist ferner der Betrag abzuziehen, welcher auf den niedrigeren Motor-Wirkungsgrad der zu dem betreffenden Zwecke zu bauenden Motoren und die höheren Anlage- sowie Unterhaltungskosten der Motoren zurückzuführen ist.

Der unter günstigen Umständen etwa 15% betragende thatsächliche Stromrückgewinn (bezogen auf den Strombedarf bei der Bergfahrt) kann wirtschaftlich nur in Kohlenersparnis ausgedrückt werden; die Maschinenanlage und Leitung dürfen seinetwegen nicht kleiner ausgeführt werden. Der Kohlenverbrauch bildet aber nur einen kleinen Bruchteil der gesamten Betriebsausgaben.

Etwas günstiger sind diese Verhältnisse nur bei ausgesprochenen Bergbahnen mit Zahnstangenbetrieb, wo die Gefälle lang und gleichmässig sind.

Diesen geringen wirtschaftlichen Vorteilen der Stromrückgewinnung bei elektrischer Bremsung steht eine Reihe von zumteil schon erwähnten Nachteilen gegenüber. Gleichstrommotoren mit Reihenwicklung, sonst für Bahnbetrieb vorzüglich geeignet, sind als Stromerzeuger mit Arbeit auf das Netz unbrauchbar, weil sie, abgesehen von einer für die Motorarbeit sehr unvorteilhaften und nebenbei teueren Bauart, die beständige Gefahr beträchtlicher Kurzschlüsse der Stromerzeugerstelle herbeiführen. Gleichstrommotoren mit Nebenschlusswicklung sind für diese Bremszwecke mit Stromrückgewinn zwar gut geeignet, besitzen aber für den sonstigen Bahnbetrieb so schwere Nachteile, dass man von ihrer Verwendung heute allgemein absieht. Wechselstrommotoren (Drehstrommotoren[1]) wird man zwar niemals wegen ihrer Verwendung zur elektrischen Bremsung, sondern nur wegen der dem Wechselstrome an sich anhaftenden Vorteile anwenden, dabei stellt sich aber auch bei ihnen, sofern man sie für Stromrückgewinnung heranziehen will, eine Reihe von Unbequemlichkeiten und beschwerlichen Betriebseinrichtungen ein.

Aus allen diesen vorstehend aufgeführten Gründen sieht man heute, mit Ausnahme von Zahnstangenbahnen, bei guten, betriebssicheren Bahnanlagen von der Stromrückgewinnung in Gefällen ab.

Die Schaltungen der elektrischen Bremse. Zunächst ist die Schaltung eines Motors in sich selbst und sodann die Schaltung der Motoren eines Zuges untereinander zu betrachten.

Die Schaltung des Gleichstrommotors mit Reihenwicklung wird durch Textabb. 37 angegeben. Da der Anker, von der lebendigen Kraft des in Bewegung befindlichen Wagens in gleichbleibender, der Fahrtrichtung entsprechender Drehrichtung angetrieben, einen dem Motorstrome entgegengerichteten Dynamostrom erzeugt, würden die Magnete entmagnetisiert und weitere Stromerzeugung d. h. Bremsung unmöglich sein. Man muss deshalb die Verbindung der Leitungen

[1]) Weiteres über Reihen-, Nebenschluss- und Drehstrommotoren für Bahnbetrieb siehe unter Abschnitt II, Motoren.

zwischen dem Anker und Magneten vertauschen (Textabb. 38). Die Motordynamo erregt sich unter dem remanenten Magnetismus des Motors und es tritt diese Erregung, d. h. die Bremswirkung, um so schneller ein, je stärker das noch vorhandene

Abb. 37.

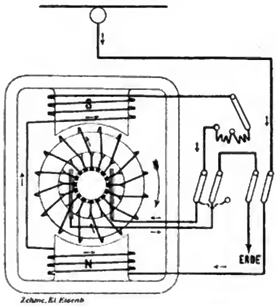
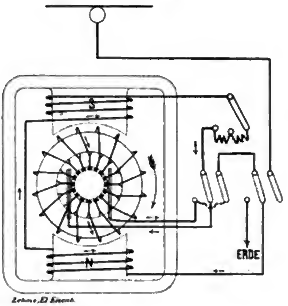


Abb. 38.



Schaltung des Gleichstrom-Reihenmotors

als Motor — als Dynamo mit Bremswiderstand.

magnetische Feld ist. Man kann das Anlaufen der Motordynamos deshalb dadurch künstlich beschleunigen, dass man kurz vor der elektrischen Bremsung die Motoren auf Antrieb einschaltet, sodass ihre Magnete vom Leitungsstrome stark erregt werden, und das Feld bei schneller Umschaltung auf Dynamowirkung infolge der magnetischen Trägheit immerhin noch kräftig ist.

Die dauernde Einschaltung des magnetischen Feldes zwecks schneller Wirkung der elektrischen Bremse ist unnötig und wegen des damit verbundenen Stromverbrauches nicht rätlich.

Die Schaltung des Gleichstrommotors mit Nebenschlusswicklung wird durch Textabb. 39 dargestellt, aus welcher hervorgeht, dass die Stromrichtung in der Magnetwicklung, d. h. die Polarität des magnetischen Feldes sich auch bei entgegengesetzt fliessendem Ankerstrome nicht ändert. Die Motoren des in das Gefälle übergehenden Triebwagens bedürfen deshalb einer Umschaltung zu Dynamowirkung nicht. Die Netzspannung stellt sich dann bei gleichbleibender Schaltung ein, sobald die Umdrehungszahl der Motordynamo ihren der Leitungsspannung entsprechenden, übrigens dem Motor eigenen, regelrechten Wert erreicht. Diese Geschwindigkeit ist jedoch für einen bergab rollenden Wagen wegen der mit ihr verbundenen geringeren Bremsfähigkeit des Wagens zu gross, sodass man zwecks ihrer Verringerung genötigt ist, das magnetische Feld mittels der Nebenschlusswicklung zu verstärken. Die Nebenschlussmotoren dürfen deshalb als Motoren nicht mit gesättigtem Felde laufen, müssen also mit Rücksicht auf die elektrische Bremse mit

Stromrückgewinn schwerer ausgeführt werden. Sieht man von Stromrückgewinn ab, so muss auch der Nebenschlussmotor umgeschaltet werden, was jetzt nicht mehr Bedingung für die Stromerzeugung selbst ist, sondern lediglich bezweckt,

Abb. 39.

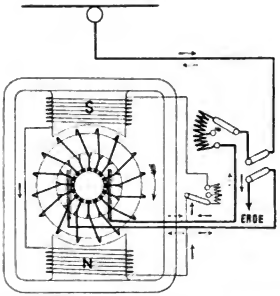
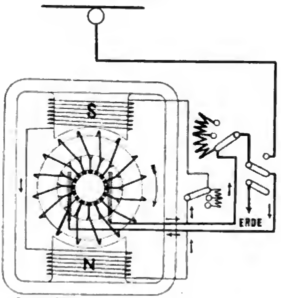


Abb. 40.



Schaltung des Gleichstrom-Nebenschlussmotors

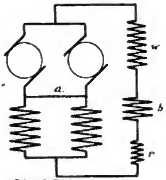
als Motor (schwarze Pfeile), als Dynamo mit Stromrückgewinn (gestrichelte Pfeile).

als Dynamo mit Bremswiderstand.

die Motordynamo von der Stromzuleitung ab- und Widerstände in den Stromkreis einzuschalten (Textabb. 40). Die genannten Schaltungen werden mittels des Reglers in einfacher Weise vollzogen [1]).

Die Umschaltung der Wechselstrommotoren (Mehrphasenmotoren) von Motor- zu Dynamowirkung ist derjenigen der Nebenschluss-Gleichstrommotoren ähnlich und wird bei den Wechselstrommotoren selbst behandelt werden.

Abb. 41.



Schaltung zweier Motoren eines Triebwagens unter sich.

Die Schaltungen der Gleichstrom-Reihenmotoren eines Fahrzeuges oder Zuges untereinander können als Reihen- oder Nebeneinanderschaltungen ausgeführt werden. Zwei Motoren allein werden zweckmässig nebeneinander geschaltet (Textabb. 41), weil bei Reihenschaltung die Beschädigung einer Isolation, einer Leitung oder eines Motors beide Motoren, d. h. die ganze Bremseinrichtung ausser Wirkung setzt. Sehr zu beachten ist bei dieser Schaltung die Querverbindung der Magnete bei a, ohne die ein Motor bei Spannungsnachlasse den Bremsstrom des zweiten Motors aufnimmt und unter erheblicher Verminderung der Bremskraft rückwärts läuft. Aus gleichem Grunde sieht man heute von der sog. Gegeneinander-Schaltung der Motoren ab. Textabb. 41 zeigt im Bremsstromkreise ausser dem Bremswider-

[1]) Siehe Regler.

stande w auch noch den zur Entfernung der Lichtbogen im Regler dienenden Magneten b, sowie ein Relais r, welches bei Überschreitung der dem Motor noch zuträglichen Stromstärke den Motormagneten durch Kurzschluss eines Teiles oder durch Nebenschaltung eines Widerstandes schwächt.

Mehrere Motoren eines Wagens z. B. bei vierachsigen Wagen mit vier Motoren oder an aus Triebwagen zusammengesetzten Zügen sind bei Abhängigkeit von einem einzigen Regler in Gruppen von je zwei hintereinander geschalteten Motoren nach Textabb. 41 zu teilen. Werden dagegen die Motoren der einzelnen, zu einem Zuge gekuppelten Triebwagen von gesonderten Reglern in letzteren gesteuert, die wiederum von einem beliebigen Führerstande im Zuge bethätigt werden mögen (Zentralschaltung), so ist die Bremsschaltung der Motoren die gleiche wie bei einem gewöhnlichen Triebwagen.

Die Ausführung der Schaltungen der elektrischen Bremse wird mittels des Reglers bewirkt, welcher zur Schaltung der Wagenmotoren dient. Die Schaltstellungen der elektrischen Bremse liegen auf der den Fahrtschaltungsstellungen entgegengesetzten Seite, sodass man sowohl von der Fahrt als auch von der Bremse aus in ein und dieselbe Haltstellung zurückkehrt (vgl. Abschn. II, Regler). Da beim Ausschalten der Motoren der unbeabsichtigte Übergang von den Fahrtstellungen auf die Stellungen der elektrischen Bremse bei hohen Fahrgeschwindigkeiten sowohl für die Fahrenden als auch für den Antrieb gefährlich ist, so ist darauf zu achten, dass zwischen der Haltstellung und der elektrischen Bremse dem Schalthebel des Reglers genügend Widerstand geboten werde, sei es durch besonders tiefe Ausschnitte in der die einzelnen Reglerstellungen markierenden Klinkenscheibe oder, falls hierzu am Umfange der Scheibe der Raum fehlt, durch aushebbare, kleine Anschläge auf dem Reglerdeckel.

d. γ. Die Rückstrombremse.

Unter dem allgemein gebräuchlichen Worte Rückstrom werden Schaltungen verstanden, die den Motor zum Rücklaufe bringen (Textabb. 42 und 43). Sie sind in ihrer Wirkung gleichbedeutend mit dem Gegendampfe bei Dampflokomotiven, wenngleich bei letzteren der Rücklauf der Räder bei Weitem nicht so schnell eintritt als bei dem Elektromotor, welcher sich bald nach der Umschaltung rückwärts dreht, während der Wagen nach vorwärts gleitet.

Obgleich der zum Rücklaufe geschaltete Motor eine bremsende Wirkung ausübt, wird diese Schaltung seit längerer Zeit nicht mehr als elektrische Bremse angesehen. Ihre Wirkung ist wegen des Rücklaufes der Wagenräder und der dadurch verminderten Reibung der Räder auf der Schiene geringer als die der elektrodynamischen Bremse, bei welcher die Räder im Sinne der Fahrtrichtung mitrollen. Auch ist der Rücklauf eines Wagens in den sich dicht hinter ihm wieder schliessenden Strassenverkehr gefährlich.

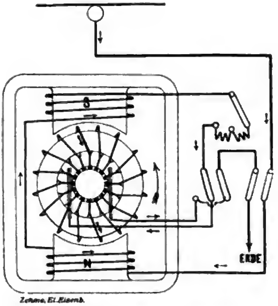
Die Rückstromschaltung wird deshalb im Betriebe manchenorts geradezu verboten. Sie kann höchstens bei Verschiebungen in Bahnhöfen Dienste leisten, und selbst dort zieht man ihr den Wechsel des Führerstandes und die von der vorderen Plattform aus beherrschte Fahrt vor.

Unbedingt notwendig ist dagegen die Rückfahrtschaltung bei den nur mit

einem Führerstande ausgestatteten Fahrzeugen, also vor allem bei den Lokomotiven[1]).

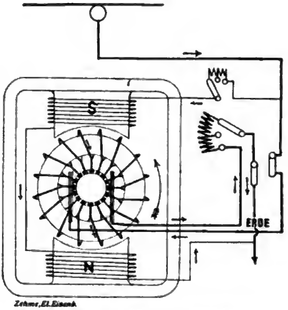
Die Schaltungen des Rückstromes werden mit Hilfe der für die Regelung der Fahrgeschwindigkeit dienenden Schalter ausgeführt, mittels welcher auch

Abb. 42.



Rücklauf des Gleichstrom-Reihenmotors.
(Vorwärtslauf s. Textabb. 37).

Abb. 43.



Rücklauf des Gleichstrom-Nebenschlussmotors.
(Vorwärtslauf s. Textabb 39).

die elektrodynamische Bremse eingeschaltet wird (s. S. 49). Die Rückstrom-Schaltstellungen liegen auf der den Fahrtstellungen entgegengesetzten Seite der Haltstellung und zwar bei Vorhandensein der elektrodynamischen Bremse noch hinter dieser, sodass man nach Ausschalten der treibenden Motoren zuerst auf Halt, sodann auf die elektrische Bremse und schliesslich auf Rückstrom schaltet[1]).

d. δ. Die durchgehenden Bremsen.

Bei den auf öffentlichen Strassen in Zügen von mehr als einem Wagen fahrenden Bahnen tritt mit Rücksicht auf die hohen Fahrgeschwindigkeiten, welche überdies selten in den vorgeschriebenen Grenzen bleiben, die Notwendigkeit auf, alle Zugachsen zu bremsen[2]). Diese über den ganzen Zug verteilten Bremsen müssen gleichzeitig einsetzen d. h. von dem an der Zugspitze befindlichen Führerstande aus zur Wirkung gebracht werden können. Sie werden deshalb durchgehende Bremsen genannt.

[1]) Weiteres darüber siehe Abschnitt II, Regler.

[2]) Die von dem Internationalen Permanenten Strassenbahn-Vereine in seiner Jahresversammlung in Genf, 1898, angenommene Feststellung: „Für den elektrischen Betrieb mit Anhängewagen kann im Allgemeinen auf Bahnen mit sehr starken Steigungen die Anwendung von durchgehenden Bremsen empfohlen werden", zieht zu enge Grenzen, da erfahrungsgemäss auch in wagrechten und schwach abfallenden Strassen mit durchgehenden Bremsen der nur mit dem gebremsten Triebwagen zu erzielende Bremsweg sich erheblich abkürzen lässt.

Für die auf eigenem Bahnkörper fahrenden Lokal- und Hauptbahnen, deren Anhängerzahl meist grösser als bei den obengenannten Bahnen ist, gelten bezüglich der Anzahl der Bremsachsen die für Dampfbetrieb festgesetzten Bestimmungen[1]).

Die durchgehenden Bremsen werden als Luftdruckbremsen oder als magnetische Bremsen ausgeführt. Beide Bremsarten sind bei elektrischen Bahnen zur Anwendung gekommen und stehen bei kleinen Zuglängen heute noch mit ihren Vor- und Nachteilen fast gleichberechtigt einander gegenüber. Bei grösseren Zuglängen sollten ausnahmslos selbstthätig wirkende Luftdruckbremsen, zu welchen auch die Schmidsche Federdruckbremse gerechnet wird, angewandt werden.

Eine durchgehende mechanische Bremse, welche durch mechanische Kupplung der Radbremsen der einzelnen Wagen entstehen würde, ist zwar schon versuchsweise ausgeführt worden, jedoch, wie vorauszusehen war, mit schlechtem Erfolge. Die mechanische Verbindung wirkt bei der gegenseitigen Bewegung der Wagen eines Zuges auf den Bremsdruck zurück, d. h. die Bremsen werden durch sie entweder gelöst oder angezogen, sodass der Führer die Herrschaft über die Bremsen verliert.

δ. 1. Die durchgehenden Luftdruckbremsen.

Die Luftdruckbremsen haben sich trotz ihrer bei mit Dampf betriebenen Hauptbahnen längst erkannten guten Eigenschaften bei elektrischen Strassen- und Lokalbahnen erst dann eingeführt, als man ihre Bauart und Wirkungsweise vereinfachte und sie selbst behandeln lernte. Sie stellen trotzdem noch hohe Anforderungen an das bei Strassenbahnen maschinentechnisch selten genügend geschulte Personal.

Man unterscheidet selbstthätige und nicht selbstthätige Luftdruckbremsen. Die selbstthätig wirkenden Bremsen treten bei Verminderung des Luftdruckes in der den Zug durchlaufenden Rohrleitung in Kraft, also auch bei Undichtheiten an Rohrleitungen u. s. w. sowie, was von grosser Bedeutung ist, bei Zugtrennungen. Die nicht selbstthätig wirkenden Luftbremsen werden durch einfache Fortleitung der Druckluft von einem Raume in einen anderen in Wirkung gesetzt.

Die Westinghouse-Bremse für Kleinbahnen wirkt selbstthätig. Ihre Wirkungsweise wird durch Taf. XXVII angegeben. Die Pressluft wird vor Beginn der Fahrt mittels der Anschlussleitung a in die auf dem Wagendache untergebrachten Hauptluftbehälter b geleitet und gelangt von da durch die Rohrleitung c zum Führer-Bremsventile h, mittels dessen der Führer die Pressluft durch die den ganzen Zug durchziehende Hauptleitung d nach dem in jedem Wagen befindlichen sog. Funktionsventile e und durch dasselbe zu dem Hilfsluftbehälter f gelangen lässt. Das Funktionsventil e versperrt ihr hier solange den Weg zum Bremszylinder g, bis der Führer im Triebwagen mittels seines Bremsventiles h oder der Schaffner im Anhängewagen mittels eines Abschlusshahnes etwas Pressluft aus der Hauptrohrleitung d entweichen lässt. Die hierdurch bewirkte Bewegung eines Kolbens im

[1]) Siehe Normen für den Bau und die Ausrüstung der Haupteisenbahnen Deutschlands; Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands; Bahnordnung für die Nebeneisenbahnen Deutschlands; Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Nebeneisenbahnen; dsgl. der Lokaleisenbahnen.

Funktionsventile e öffnet der Pressluft den Durchgang zum Bremszylinder, wo dieselbe den Kolben und das mit ihm in Verbindung stehende Bremsgestänge in Bewegung setzt.

Die Einzelheiten dieser Bremse seien im Folgendem kurz dargestellt[1]):

Die Luftpumpe, welche die Druckluft herstellt, ist in Taf. XXVII stationär ausgeführt, d. h. sie befindet sich im Bahnhofe, wo die Luftbehälter der Wagen nach jeder Fahrt wieder nachgefüllt werden. Bei der Strassenbahn Brüssel beträgt beispielsweise der Anfangsüberdruck $8^1/_2$ Atmosphären; der Endüberdruck nach einer insgesamt 9 km langen Fahrt 6—7 Atmosphären je nach der Häufigkeit des Anhaltens, wobei die Bremse stets als Gebrauchsbremse dient. Zur Wirkung im Bremszylinder gelangt der volle Behälterdruck.

Die Mitnahme der Druckluft in Behältern ist zwar bequem, da die einzelnen, sonst in den Triebwagen mitzunehmenden Luftpumpen durch eine einzige stehende Pumpe im Bahnhofe ersetzt werden, und die Luft-Nachfüllung innerhalb weniger Sekunden erfolgt; auch steht die Druckluft von Anbeginn der Fahrt im Wagen zur Verfügung; dagegen eignet sich diese Art der Luftaufspeicherung nur für kürzere Strecken von etwa 15 bis 20 km, und es geht bei Undichtheiten in der Einrichtung der Luftdruck verloren d. h. die Bremse wird wirkungslos.

Die Luftpumpe kann, sofern sie am Wagen angebracht ist, entweder mechanisch von der Wagenachse oder elektrisch mittels eignen Motors angetrieben werden[2]).

Das Funktionsventil (Textabb. 44) lässt bei Verminderung des Leitungsdruckes selbstthätig Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter in den Bremszylinder überströmen und bei Wiederherstellung des Leitungsdruckes die Druckluft aus dem Bremszylinder ins Freie austreten.

In einem Gehäuse 1 befindet sich ein Kolben 9, 5 mit Schieber 6, welcher in der gezeichneten Stellung den Kanal a zum Bremszylinder überdeckt und letzteren mittels der Ausströmhöhlung b und des Kanals c mit der freien Luft verbindet. Die Druckluft der Hauptleitung treibt den Kolben 5 aufwärts und strömt durch die Aushöhlungen d und f sowie durch C in den Hilfsluftbehälter. Das Funktionsventil, die Hauptleitung und der Hilfsluftbehälter besitzen alsdann gleichen Luftdruck, wobei die Bremse gelöst ist. Durch Verminderung des Leitungsdruckes wird der Ventilkolben 5 abwärts gedrückt; derselbe schliesst gleichzeitig den Hilfsluftbehälter von der Hauptleitung E und den Bremszylinder von aussen ab und verbindet letztern mit dem Hilfsluftbehälter, sodass Druckluft in den Bremszylinder tritt und die Bremse in Thätigkeit setzt.

Zwecks Regelung des Bremsdruckes ist im Schieber 6 ein kleines Ventil 7 angebracht. Der Kolben 5 wird bei mässiger Verringerung des Leitungsdruckes, ohne vorderhand den Schieber 6 mitzunehmen, nach abwärts bewegt, verschliesst die Nute d und zieht das Ventil 7 von seinem Sitze ab, sodass durch einen Seitenkanal Druckluft in den Schieberkanal e dringen kann. Jetzt zieht der Kolben 5

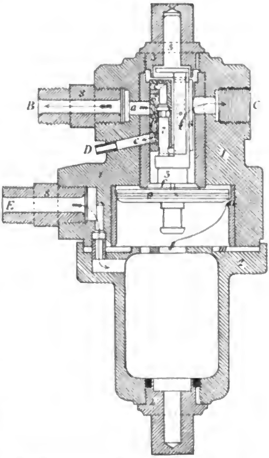
[1]) Siehe auch die „Westinghouse-Bremse für Kleinbahnen", herausgegeben von der Westinghouse-Eisenbahn-Bremsen-Gesellschaft, Hannover.

[2]) Weiteres darüber siehe unter Luftdruckbremse der Christensen Engineering Co.

den Schieber 6 mit herab, sodass der Kanal e dem Ausgange a, welcher zum Bremszylinder führt, gegenüber steht. Dadurch ist letzterer vom Ausgange c getrennt und tritt Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter durch die Kanäle e, a und B in den Bremszylinder, wobei die Bremse in Thätigkeit gesetzt wird. Durch das Überströmen der Druckluft in den Bremszylinder entsteht oberhalb des Kolbens 5 eine Druckverminderung, welche eine weitere Abwärtsbewegung des Schiebers 6 verhindert. Sobald der Druck im Luftbehälter unter den Leitungsdruck sinkt, steigt der Kolben 5 wieder ein wenig und schliesst das Ventil 7, wobei der Schieber 6 seine Stellung beibehält.

Durch abermalige Verminderung des Leitungsdruckes wiederholt sich das Spiel des Kolbens 5 und des Ventiles 7, und es lässt sich somit jeder beliebige Druck im Bremszylinder, mithin jeder Bremsdruck erreichen. Wird der Leitungsdruck schnell vermindert, so legt sich der Kolben 5 sofort gegen die Lederscheibe 10, sodass der Kanal a, welcher einen erheblich grösseren Querschnitt als e hat, völlig frei wird und die volle Bremskraft eintritt.

Abb. 44.



Gewöhnliches Funktionsventil der Westinghouse-Luftdruckbremse für Kleinbahnen. M. 2 : 5.

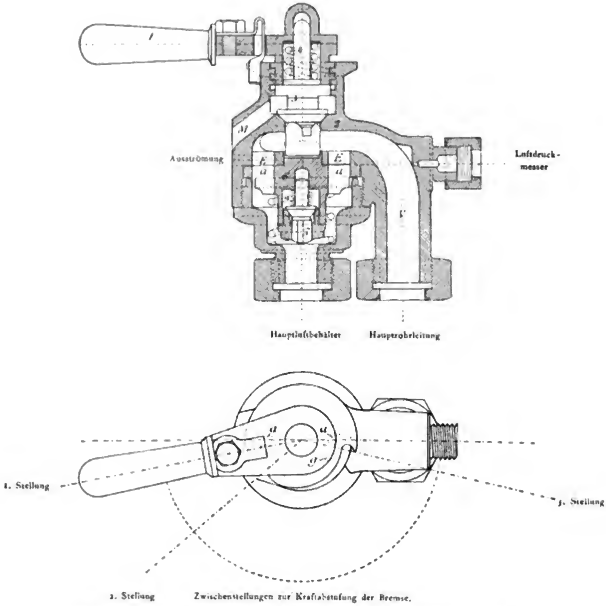
Sollen die Bremsen wieder gelöst werden, so lässt der Führer die Druckluft aus dem Hauptluftbehälter in die Hauptleitung eintreten, wodurch sich die einzelnen Ventile in ihre Anfangsstellung begeben und der Hilfsluftbehälter sich wieder mit Druckluft füllt.

Damit kleine Undichtheiten die Bremsen nicht in Thätigkeit setzen können, ist auf der Vorderseite des Schiebers 6 unterhalb des Kanales e eine kleine Bohrung angebracht. Tritt infolge kleiner Undichtheiten Druckverminderung unter dem Kolben 5 ein, so sinken dieser und der Schieber sehr langsam; da bei Hubbeginn der Kanal a sowohl mit der genannten kleinen Bohrung als auch mit der Ausströmhöhlung b in Verbindung steht, so kann der Überdruck aus dem Hilfsluftbehälter anstatt in den Bremszylinder einzutreten langsam ins Freie gelangen. Die dadurch über dem Kolben 5 verursachte geringe Druckverminderung verhindert, dass der Schieber bis zur Unterbrechung der Verbindung zwischen dem Ausgange a und der Ausströmhöhlung b hinabsinkt.

Das Führer-Bremsventil (Textabb. 45) dient dazu, vom Führerstande aus sämtliche Bremsen des Zuges in Thätigkeit zu setzen.

Der Handgriff 1 hat einen Ansatz mit Gewinde und ist in das Ventilgehäuse 2 eingeschraubt. Er drückt dabei eine Schraubenfeder 4 zusammen, von deren Spannung die Belastung des Auslassventiles 3 abhängt. Letzteres ist mit zwei flachen Flügeln versehen, von denen der obere in einem Ausschnitte des Hand-

Abb. 45.



Führerbremsventil der Westinghouse-Luftdruckbremse für Kleinbahnen. M. 2 : 5.

griff-Gewindes liegt und der untere in einen Schlitz des Drehschiebers 6 greift. Jede Drehung des Handgriffes 1 wird somit auf das Ventil 3 und durch dieses auf den Drehschieber 6 übertragen. Man unterscheidet drei Hauptstellungen des Handgriffes:

1. Stellung. Hauptleitung und Luftbehälter werden mit Druckluft gefüllt, die Bremse wird gelöst.
2. Stellung. Druckluft wird während der Fahrt nachgefüllt.
3. Stellung. Die Bremse wird mit voller Kraft angezogen.

In der ersten Stellung treffen, wie gezeichnet, die Durchgangsöffnungen a, a des Drehschiebers 6 auf die Öffnungen E E im Ventilgehäuse, wodurch der Hauptluftbehälter mit der Hauptrohrleitung verbunden wird; die Druckluft tritt in letztere ein, hebt die Kolben der Funktionsventile empor, löst die Bremsen und füllt die in den Fahrzeugen des Zuges angebrachten Hilfsluftbehälter.

Die zweite Stellung ist diejenige, in welcher der Handgriff während der Fahrt gehalten werden muss; die Bremsen sind nicht angezogen. Hierbei ist die unmittelbare Verbindung des Hauptluftbehälters mit der Hauptleitung aufgehoben, weil infolge der Verschiebung des Drehschiebers 6 die Öffnungen a, a und E, E nicht mehr mit einander in Verbindung stehen. Die Bohrung g im Drehschieber 6 steht jedoch nun über der Öffnung E im Gehäuse und die Druckluft des Hauptluftbehälters kann durch das Rückschlag-Ventil 7, die Bohrung g, den Durchgang E und V nach der Hauptleitung gelangen, wodurch die kleinen Luftverluste, welche infolge von Undichtheiten der Rohrverbindungen u. s. w. nach und nach eintreten, ersetzt werden Das Ventil 7 wird von einer Schraubenfeder 9 mit einem Drucke von etwa $^3/_4$ Atmosphären auf seinem Sitze niedergehalten, sodass im Hauptluftbehälter der Luftdruck um $^3/_4$ Atmosphären höher ist, als in der Hauptleitung, welcher Drucküberschuss beim Lösen der Bremse nutzbar gemacht wird.

Wird nun der Handgriff 1 etwas über die zweite Stellung nach rechts gedreht, so werden alle Durchgänge des Ventils abgeschlossen, sodass jede Verbindung zwischen dem Hauptluftbehälter und der Hauptleitung unterbrochen ist. Dreht man den Handgriff 1 noch weiter, so vermindert sich die Spannung der Schraubenfeder 4 so weit, dass die Druckluft in der Hauptleitung das Auslassventil 3 heben und durch M ins Freie ausströmen kann. Die dadurch herbeigeführte Druckverminderung bewirkt, wie oben (s. Funktionsventil) angegeben, das Anziehen der Bremsen aller Wagen und zwar in dem Masse der Druckabnahme in der Leitung.

In der dritten Stellung des Handgriffes 1 ist die Spiralfeder 4 vollkommen entlastet und das Auslassventil 3 soweit geöffnet, dass die Druckluft schnell aus der Hauptleitung ausströmt; die Bremsen aller Wagen werden dadurch mit voller Kraft angezogen.

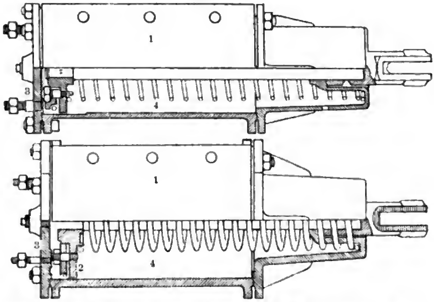
Damit der Führer den Handgriff 1 nicht in der ersten Stellung belässt, ist unter der Ausströmungsöffnung M des Ventils eine enge Bohrung angebracht, durch welche die Druckluft mit pfeifendem Geräusche so lange ausströmt, bis der Griff in die zweite Stellung gedreht wird.

Der Bremszylinder (Textabb. 46) besitzt einen Kolben 2, welcher von der durch eine im Zylinderboden 3 angebrachte Öffnung eintretenden Druckluft vorwärts getrieben wird und dadurch das Bremsgestänge anzieht. Die hierbei zusammen gepresste Schraubenfeder 4 drückt, sobald die Druckluft wieder aus dem Zylinder geleitet wird, den Bremskolben 2 und das mit ihm verbundene Bremsgestänge wieder in die ursprüngliche Lage zurück.

Der Bremszylinder wirkt einseitig, wodurch Stopfbüchsen vermieden werden. Zur Vermeidung unbeabsichtigten Bremsens infolge des durch Undichtheiten in der Leitung u. s. w. herbeigeführten Übertrittes kleiner Mengen Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter in den Bremszylinder befinden sich in den Wandungen des letzteren

kleine Nuten, durch welche dann Druckluft ins Freie gelangt, ohne den Kolben zu bewegen. Bei ordnungsmässig ausgeführten Bremsungen wird der Kolben indessen

Abb. 46.

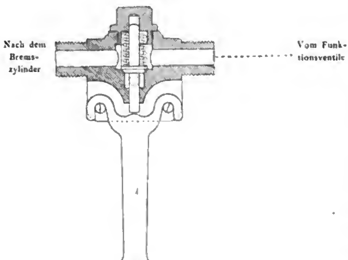


Bremszylinder der Westinghouse-Luftdruckbremse für Kleinbahnen. M. 2 : 15.

durch die grösseren Luftmengen sofort über die erwähnten Nuten hinweggetrieben, sodass ein Entweichen der Druckluft ins Freie unmöglich ist.

Das Auslösventil (Textabb. 47), welches zwischen dem Funktionsventile und dem Bremszylinder eingeschaltet ist, dient dazu, die angezogenen Bremsen von Hand zu lösen, wenn sich kein Triebwagen d. h. Hauptluftbehälter in dem Zuge befindet. An dem Handhebel 2 werden bei e_1, e_2 dünne Drähte oder leichte Ketten derart befestigt, dass das Ventil von beiden Wagenseiten aus durch Ziehen geöffnet werden kann.

Abb. 47.



Auslösventil der Westinghouse-Luftdruckbremse für Kleinbahnen. M. 2 : 5.

Die Schlauchkupplung (Textabb. 48) dient zur Verbindung der Hauptrohrleitungen der einzelnen Wagen eines Zuges untereinander. Die beiden Kupplungsköpfe 1, 1 sind genau gleich; die luftdichte Verbindung beider wird mittels der Gummiringe 2, 2 erreicht, welche nach der Zusammenkupplung durch den Luftdruck gegen einander gepresst werden. Die Gummischläuche werden zum Schutze gegen die Witterung mit einem Überzuge aus Segeltuch versehen. Die Kupplung muss, wenn ausser Gebrauch, stets mit

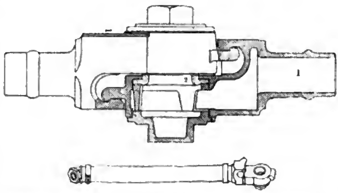
einer leeren Kupplung verbunden werden, damit sich in ihr kein Schmutz ansammeln kann.

Die Bremse der **Christensen Engineering Co, Milwaukee,** wird in zweierlei Weise ausgeführt[1]).

Die selbstthätige Christensen Luftdruckbremse ist der vorbeschriebenen Westinghouse-Bremse ähnlich. Ihre Gesamtanordnung ist in Abb. 1, Taf. XXVIII dargestellt.

Die Luftpumpe kommt entweder als Achsenpumpe oder als Elektromotor-Pumpe zur Ausführung. In Abb. 2 Taf. XXIX ist eine von der Wagenachse mittels Exzenters angetriebene Luftpumpe der Christensen Engineering Co., Milwaukee dargestellt, deren axiale Breite thunlichst gering gehalten ist, sodass sie neben dem auf der Achse sitzenden Motor Platz findet. Die Exzenterstange ist im Kolben schwingend gelagert, Saug- und Druckventil sind am Pumpendeckel angeordnet; die Aufhängung der Pumpe erfolgt mittels Schraubenfedern an einen Querträger des Wagenuntergestelles.

Abb. 48.



Schlauchkupplung der Westinghouse-Luftdruckbremse für Kleinbahnen.

Andere Antriebe von der Wagenachse können mit gekröpfter Welle bewirkt werden, welche von der Wagenachse durch Stirn- oder Kegelzahnräder (Standard Air brake Co., New York) oder mittels Gallschen Kettentriebes (Westinghouse Co., Hannover, Abb. 1, Taf. XXV) angetrieben werden.

Diese Achsenpumpen sind einfach und erfordern wenig Unterhaltung. Sie haben nur den Nachteil, dass nach längerem Wagenstillstande und bei kleinen Undichtheiten in den Rohrleitungen u. s. w. der Wagen erst eine gewisse Strecke durchlaufen muss, ehe der erforderliche Luftdruck im Luftbehälter für die ersten Bremsungen vorhanden ist. Legt man daher auf ununterbrochene Bremsfähigkeit des Wagens Gewicht, so ist der Luftbehälter vor jeder Ausfahrt durch eine stehende Luftpumpen-Anlage zu füllen. Die Achsenpumpen lässt man zur Vermeidung ausrückbarer Kupplungen nach Eintritt des vollen Luftdruckes im Behälter ununterbrochen weiterlaufen. Die Überschreitung des höchsten Luftdruckes wird mittels eines durch letzteren bethätigtes Ventil verhindert, welches das Saugventil hebt, sodass der Pumpenkolben leer mitläuft.

Bei Elektromotorpumpen ist die Drucklufterzeugung unabhängig von der Wagenbewegung. Der Wagen kann also mit voller Bremsfähigkeit seine Fahrt beginnen und nach längerem Stillstande etwaige Verluste an Druckluft ersetzen. In Abb. 1, Taf. XXIX ist eine Elektromotorpumpe der Christensen Engineering Co., Milwaukee, in Abb. 1, Taf. XXX eine solche von W. Schmid, München

[1]) Bezug durch R. W. Blackwell & Co, London 59, City Road.

dargestellt. Letztere zeichnet sich durch ihren einfachen und gegen Undichtheiten gesicherten Biegehautkolben vor den Kolbenpumpen vorteilhaft aus (s. S. 60).

Die Anordnung der Elektromotorpumpen in der ganzen Bremseinrichtung zeigen Abb. 1 und 2, Taf. XXVIII.

Die Überschreitung des höchsten Luftdruckes wird bei Elektromotorpumpen durch besondere, durch den Luftdruck selbst bethätigte, übrigens leicht zu Störungen geneigte Motoraus- und -einschalter verhindert. Diese letzteren sowie die höheren Anschaffungs- und Unterhaltungskosten und auch der kostspieligere Antrieb stehen der Verwendung der Elektromotorpumpen, u. Umst. der Luftbremsen überhaupt, bei Strassen- und auch Lokalbahnen hindernd im Wege. Wenn bei einigen Anlagen die Auffüllung der Luftbehälter in stehenden Luftfüllanlagen möglich war (Strassenbahn Brüssel, Hochbahn Liverpool, Waterloo and City Underground Ry in London u. a.), so ist begreiflich, dass man bei ausgedehnten Anlagen diese Art in Verbindung mit Achsenpumpen der Erzeugung der Druckluft mittels auf Wagen mitgeführter Elektromotorpumpen vorzieht. Übrigens verzichten manche Bahnen auf die sofortige Bremsfähigkeit der Wagen nach der Anfahrt, indem sie einfache Achsenpumpen ohne vorherige Auffüllung der Luftbehälter verwenden.

Funktionsventil, Bremszylinder und die übrigen Zubehörteile der selbstthätigen Christensen-Bremse gleichen den Einrichtungen der Westinghouse-Bremse.

Die nicht selbstthätige Christensen-Bremse. Die Vielteiligkeit der selbstthätigen Luftdruckbremsen sowie die damit verknüpften Schwierigkeiten der Einführung bei Strassenbahnen veranlassten die Christensen Co., bei Strassenbahnen zu einer der älteren Bauarten von Luftdruckbremsen zurückzukehren.

Bei dieser nicht selbstthätigen Bremse[1]) leitet der Wagenführer mittels seines Bremsventiles die in dem Luftbehälter aufgespeicherte Druckluft unmittelbar in den Bremszylinder, wobei er es in der Hand hat, durch die Drosselung des Luftdruckes jeden beliebigen Bremsgrad herzustellen. Bei etwaigem Leitungsbruche also auch bei Zugtrennung geht bei diesen Bremsen allerdings der Luftdruck verloren und wird die Bremse unwirksam.

Abb. 3, Taf. XXVIII stellt das Führer-Bremsventil dar. Durch die Drehung des Griffes 6 wird unter Vermittlung des Mitnehmers 13 der mit einer Schraubenfeder auf seinen Sitz gedrückte Drehschieber 4 gedreht. In den Sitz münden die Hauptleitung, Bremszylinderleitung und die Ausströmungsleitung. Diese drei Öffnungen werden durch den Drehschieber mit folgenden Wirkungen unter einander verbunden:

In Stellung 0 sind sämtliche Öffnungen abgeschlossen. Der Luftbehälter und die Hauptleitung sind mit Druckluft gefüllt.

In Stellung I ist die Hauptleitung mit der zum Bremszylinder führenden Leitung derart verbunden, dass infolge nur teilweiser Überdeckung der entsprechenden Öffnungen die Druckluft nur langsam in den Bremszylinder gelangen kann, die Bremse mithin sanft angezogen wird. Nach Eintritt des gewünschten Bremsgrades geht man auf Stellung 0 zurück.

[1]) In den Vereinigten Staaten Nordamerikas Straight air system genannt.

In Stellung II ist die in I genannte Verbindung ganz geöffnet, sodass der volle Behälterdruck in den Bremszylinder übertritt und die Bremse plötzlich in Thätigkeit setzt. Geht man von diesen Stellungen I oder II auf o zurück und zieht, was nur in dieser Stellung möglich ist, den Handgriff ab, so bleibt der Wagen gebremst. Man kann also den Wagen bei dem Wechsel der Fahrtrichtung in Gefällen von dem unteren Führerstande aus wieder entbremsen [1]).

In Stellung 1 ist die Leitung des Bremszylinders ein wenig mit der Freileitung verbunden, sodass allmähliche Entbremsung eintritt. Es lässt sich hierdurch ein etwa zu hoher Bremsdruck langsam auf das gewünschte Mass zurückführen.

In Stellung 2 ist die Bremsleitung voll nach aussen geöffnet, sodass schnell völlige Entbremsung eintritt.

Bremszylinder und Kupplungsschlauch sind den bei der selbstthätigen Bremse beschriebenen Einrichtungen ähnlich.

Die nicht selbstthätige Bremse ist also erheblich einfacher als die selbstthätige. Zwecks Wahl zwischen beiden Bremsarten sei Folgendes kurz zusammengestellt:

Die selbstthätige Bremse wirkt auch bei Undichtheiten in der Einrichtung und bei Zugtrennungen. Im ersteren Falle müssen, wenn die Undichtheiten nicht auf der Strecke entdeckt und beseitigt werden können, alle Bremsen des Zuges vom Triebwagen ab bis zur Fehlerstelle ausser Betrieb gesetzt werden, insofern man überhaupt die Fahrt fortsetzen will. Bei der nicht selbstthätigen Bremse wird der Zugführer zwar nicht vorher auf einen Fehler aufmerksam gemacht, er bemerkt ihn jedoch bei der ersten Bremsung und braucht sodann auch nur die Bremsen der hinter der Fehlerstelle befindlichen Wagen abzuschalten. Dieser Vorzug der selbstthätigen Bremse kann also nur bei sehr schnell fahrenden und selten anhaltenden Zügen, d. h. bei Schnellzügen zur Geltung kommen. Strassenbahnen wenden, was dies betrifft, daher besser die nicht selbstthätige Bremse an. Dasselbe gilt von dem Vorzuge der selbstthätigen Bremsung bei Zugtrennungen, welcher bei den kurzen Zügen der Strassenbahnen, bei denen jeder angehängte Wagen von einem eigenen Schaffner begleitet wird und eigene Handbremse besitzt, nicht besteht, zumal man bei hügeligem Gelände die Wagen mittels starker Sicherheitskupplungen unter einander verbinden kann [2]).

Das Funktionsventil der selbstthätigen Bremse bewirkt allerdings schnelles und fast gleichzeitiges Eintreten des Bremsdruckes in allen Wagen. Das trifft aber auch nur bei längeren Zügen bis zu 25 Wagen zu. Bei den kurzen Zügen der Strassenbahnen von 3 oder selbst 5 Wagen spielt dieser Vorteil gar keine Rolle. Das Bremsen erfolgt hier mit der nicht selbstthätigen Bremse ebenso schnell und stossfrei wie bei der selbstthätigen Bremse. Übrigens würde bei den kurzen Strassenbahnzügen der Ausschluss einer Wagenbremse mit fehlerhaftem Funktionsventile eher einen grösseren Verlust an Bremswirkung bedeuten als bei Zügen mit einer grösseren Anzahl von Bremswagen.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass Strassenbahnen die billigere und weniger Störungen ausgesetzte nicht selbstthätige Bremse, Lokal-

[1]) Bezgl. dieser Entbremsung bei Handbremsen siehe S. 31.

[2]) Siehe Abb. 1, Taf. XXXII.

bahnen und Stadtbahnen dagegen mit schnellfahrenden Zügen (40 km/Std.) von grösserer Wagenzahl die selbstthätige Bremse anwenden sollen.

Die bisher hier nicht erwähnte selbstthätige Westinghouse-Bremse mit Schnellwirkung, wie sie bei den Dampf-Hauptbahnen in Anwendung ist, wird nur bei Geschwindigkeiten über 40 km angewandt.

Die nicht selbstthätigen Bremsen der Air brake Co.[1]), New York, der G. P. Magann Air Brake Co., Detroit sowie anderer Gesellschaften sind in ihrer Bauart der Chistensen-Bremse ähnlich.

Die Schmid'sche **Luftdruckbremse für Kleinbahnen.** Während die vorgenannten Luftdruckbremsen sämtlich an Pumpen und Druckzylindern hin und hergehende Kolben benutzen, welche zur Vermeidung von Luftverlusten in ihren Zylindern dauernd gut abgedichtet sein müssen, benutzt W. Schmid, München sog. Biegehautkolben, die, wie Abb. 1 bis 3, Taf. XXX zeigen, als runde Scheiben zwischen den Flanschen zweier, einander zugekehrter, trichterförmig ausgebildeter Töpfe gehalten werden. Die Biegehautplatte wird beiderseits von runden Metallscheiben gefasst, in deren Mitte die Kolbenstange eingesetzt wird. Die Pressluft befindet sich nur in dem der Kolbenstange entgegengesetzten Teile des Lufttopfes, sodass bei der Führung der Kolbenstange Undichtheit ohne Belang ist.

Diese vollkommene Luftdichtheit, sowie die einfache Bauart des als Pumpe oder Druckzylinder gebauten Organs bildet zweifellos einen Vorzug der Schmid-Bremsen, dem als einziger Nachteil nur der auf etwa 2,5 Atm. Überdruck als Höchstwert begrenzte Luftdruck entgegengehalten werden könnte. Demselben kann jedoch durch eine entsprechende Vergrösserung des Kolbendurchmessers leicht begegnet werden; er bietet übrigens vor den mit 4 oder 5 Atm. Überdruck arbeitenden Luftbremsen den Vorzug geringerer Undichtheiten in den Rohrleitungen und Ventilen.

Die sonstige Einrichtung dieser Schmid'schen Bremse ist derjenigen der andern nicht selbsthätigen Bremsen z. B. der von Christensen (Taf. XXVIII) gleich. Der Bremszylinder überträgt seine Kraft mittels eines von der Kolbenstange mitgenommenen Hebels auf das Bremsgestänge (Abb. 2, Taf. XXX).

Die Schmid'sche **Federdruckbremse mit Druckluftsteuerung** ist selbstthätig, d. h. sie tritt bei Undichtheiten in der Einrichtung sowie insbesondere bei Zugtrennungen in Thätigkeit. Wie aus Abb. 3, Taf. XXX ersichtlich, wird eine Wickelfeder 1 durch die auf den Biegehautkolben 2 wirkende Druckluft zusammengepresst, wobei der Hebel 3 das mit ihm verbundene Bremsgestänge zurückzieht. Durch Verminderung des Luftdruckes hinter dem Biegehautkolben kommt die Feder zur Wirkung, und zieht dementsprechend das Bremsgestänge an. Luftpumpe und Führerbremsventil sind den bei oben beschriebener Schmid'schen Luftdruckbremse verwendeten Einrichtungen gleich. Die Federdruckbremse zeichnet sich vor den andern selbstthätigen Bremsen durch den Fortfall des Funktionsventils aus.

δ. 2. Die durchgehenden magnetischen Bremsen.

Die sog. magnetische Bremse ist eine auf magnetischer Anziehung der Bremskörper beruhende Reibungsbremse, äussert also ihre Wirkung wie jede andere

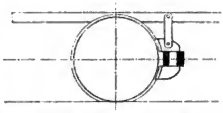
[1]) Bezug durch Hermann Heinrich Böker & Co., Berlin.

mit Hand, Druckluft oder sonstwie bethätigte Reibungsbremse. Allerdings tritt bei ihr noch die der Drehung entgegenwirkende Kraft der in dem umlaufenden Reibungskörper entstehenden Wirbelströme, der sog. Foucaultströme, hinzu; jedoch ist diese im Vergleiche zu der Wirkung der mechanischen Reibung, wie Versuche gezeigt haben, nicht von Belang.

Die magnetischen Bremsen sind schon vor einer Reihe von Jahren bei den Dampf-Hauptbahnen probeweise zur Anwendung gelangt, konnten es aber, da man mit zu schwachen Magneten arbeitete, zu keinem guten Erfolge bringen. Zur Erregung der Bremsmagnete benutzt man heute allgemein den bei elektrodynamischer Bremsung (s. S. 41) von den zu Dynamos umgeschalteten Motoren des Triebwagens erzeugten Strom, der, wie oben gezeigt, mittels seiner Regelung bis zu einer beträchtlichen Stärke ansteigen kann, sodass in den Magnetbremsen selbst mit verhältnismässig kleinen Magneten schon ein hoher Bremsdruck erzielt wird. Die unmittelbare Speisung dieser Magnete durch Leitungsstrom macht die Bremse von der Leitung abhängig und kostet überdies Strom, was bei Speisung durch die Motoren nicht der Fall ist. Sie könnte höchstens dort von Nutzen sein, wo mit Rücksicht auf dichten Strassenverkehr in engbebauten Stadtteilen bei stark verminderter Fahrgeschwindigkeit auf kleinen Strecken gebremst werden muss (z. B. in Hamburg).

Ausführung. Die einfachste Form der magnetischen Bremse wird durch Textabb. 49 dargestellt, bei welcher der an dem Wagenrade schleifende Bremsklotz selbst als Magnet ausgebildet ist. Die erste magnetische Bremse der heute noch bestehenden Bauart wurde von Forbes und Timmis im Jahre 1885 geschaffen und wird durch Abb. 1, Taf. XXXI veranschaulicht. Um der zu bremsenden Achse sind zwei ring- oder scheibenförmige Eisenkörper angeordnet, von denen nur der eine mit der Achse verkeilt ist, während der andere die Achse lose umfasst und gegen Drehung durch Aufhängung am Wagengestelle gesichert ist. Ausserdem sind an der einen Scheibe Magnetspulen in der Weise angeordnet, dass die magnetischen Kraftlinien durch die zweite, mit der Radachse verkeilte Scheibe kurzgeschlossen werden, wobei unter dieser magnetischen Anziehung beide Scheiben fest gegeneinander gepresst werden. Federn halten bei nicht erregtem Magnete die Scheiben von einander entfernt. Die Reibflächen können senkrecht zur Achse stehen oder diese zylindrisch umschliessen. Letztere Bauart bietet den Vorzug der gleichmässigen Abnutzung der Reibkörper, durch welche im Betriebe gleichbleibende Bremswirkung und längere Lebensdauer der Bremskörper erzielt werden.

Abb. 49.



Einfache Form einer magnetischen Bremse.

Bei der Ausführung einer magnetischen Bremse ist Folgendes zu beachten

1. Die Bremsung muss sanft und stossfrei beginnen. Dies lässt sich vor Allem durch richtige Bemessung der Vorschaltwiderstände in Bremsstromkreise erreichen. Um aber auch bei unvorsichtiger Schaltweise noch einen sanften Anzug zu bewirken und zugleich um die Abnutzung der Reibflächen hintanzuhalten, schmiert man die Reibungskörper mit Öl und umgiebt dann die ganze Bremse mit einem staubdichten Gehäuse (Abb. 5, Taf. XXXI). Der Reibungswert für die mit

Öl geschmierten Reibflächen beträgt etwa 0,025 und ergiebt sich der Gesamtdruck der Reibungskörper gegeneinander zu

$$P' = P \cdot \frac{R\mu}{r\mu_1} = 0{,}6\,G\,\frac{R\mu}{r\mu_1}$$

worin P den bei Handbremsen vorgeschriebenen Gesamtbremsdruck, G das Wagengewicht, r den mittleren Halbmesser der Reibungsflächen der Magnetbremse, R den Halbmesser des Wagenrades, μ und μ_1 die Reibungswerte für den Bremsklotz bezw. den Magnetkörper bedeuten. Es ist zur guten Wirkung der Bremse notwendig, die Reibflächen sorgfältig auf einander zu schleifen, da schon Lufträume von $^1/_{10}$ mm die Bremswirkung wesentlich beeinträchtigen. In den Reibflächen sollen Quernuten vorgesehen werden, damit nach dem ersten sanften Anzuge das Öl sich fortquetschen und der volle Bremsdruck auftreten kann.

Trocken arbeitende Reibungsflächen nutzen sich schnell ab. Graphitschmierung eignet sich gleichfalls nicht zu gedachtem Zwecke. Durch die Ölschmierung wird zugleich das Kleben der beiden Bremskörper vermieden, welches bei Ausschaltung der Magneterregung das Anfahren erschwert. Dient die magnetische Bremse auch als Regelungsbremse in Gefällen, so ist eine Schmierung unerlässlich.

Die Bremswirkung bei Anhängern soll so eingestellt werden, dass die Zugvorrichtung zwischen diesen und den Triebwagen die gewöhnliche Spannung beibehält und die Wagen ohne gegenseitige Stösse zum Stillstande kommen.

2. Die Magnetwicklung soll einen möglichst geringen Widerstand besitzen, damit die Stromerzeugung auch bei kleineren Fahrgeschwindigkeiten das zu einer kräftigen Bremsung erforderliche Mass erreicht. Die Magnetspulen einer Bremse sowie die Bremsen eines Wagens sind soweit als erforderlich nebeneinander zu schalten.

3. Die allgemeine Ausführung soll einfach und kräftig sein. Alle auf der Wagenachse sitzenden Teile müssen entweder zweiteilig oder hornartig zum Überschieben ausgeführt werden. Die Einführung der Leitungskabel hat mit Gummihülsen zu erfolgen. Die Aufhängung des nicht drehbaren Teiles muss unter Verwendung von Federn erfolgen, damit der Anzug gemildert werde.

Auf Taf. XXXI sind einige Ausführungen magnetischer Bremsen veranschaulicht. Abb. 2 stellt die von S. H. Short entworfene Bauart dar. Auf die zu bremsende Achse ist eine zweiteilige, gusseiserne Scheibe 1 aufgekeilt; derselben steht eine mittels der Träger 2 am Wagen aufgehängte, durch die Spulen 3 magnetisierte Scheibe 4 gegenüber, welche durch die Federn 5 solange von 1 abgezogen wird, bis die Magnetspulen erregt werden und die magnetischen Kraftlinien durch die Scheibe 1 unter gegenseitiger Zusammenpressung der beiden Scheiben 1 und 4 kurzgeschlossen werden. Die Scheibe 4 ist unten offen, sodass man sie über die Achse stülpen kann. Besondere Schmiervorrichtungen sind bei dieser Bremse nicht angebracht.

In Abb. 3, Taf. XXXI wird die Bauart Siemens & Halske dargestellt. Der auf der Wagenachse gelagerte Magnetkörper 1 wird durch den am Wagen aufgehängten Arm 2 an der Drehung gehindert. Zu beiden Seiten dieses Magneten sind Ankerscheiben 3, 4 angeordnet, von denen 3 fest mit der Achse verkeilt ist, während 4 auf dem gleichfalls mit der Achse verkeilten Mitnehmer 5 hin und her-

gleiten kann. Nach Magneterregung werden 1 gegen 3 und 4 gegen 1 gepresst, wodurch Bremsung der Achse erfolgt. Die Magnetspulen sind wie bei Brush-Ankern aufgewickelt. Um den Magnetkörper herum ist ein Blechmantel 6 befestigt, welcher die Schmierung der Reibflächen ermöglicht und den Staub fernhält.

Bei der durch Abb. 4, Taf. XXXI wiedergegebenen Bauart der Union E.-G., Berlin, besteht der Magnetkörper a aus zwei durch die Spulen 1 und die innern Halbringe 2 zu einem Ganzen verbundenen Teile, gegen den durch Magneterregung die auf die Wagenachse gekeilte Vollscheibe b gepresst wird. Der Magnetkörper ist mittels des Armes 3 am Wagen aufgehängt.

Die in Abb. 5, Taf. XXXI wiedergegebene magnetische Bremse der E. A. v. Schuckert & Co., Nürnberg, ist als Trommelbremse ausgeführt. Die beiden E-förmigen Magnetkörper 1 sind in einem die ganze Bremse staub- und wasserdicht umschliessenden Gehäuse 2 aufgehängt und stehen der auf die Achse gekeilten, zylindrischen Scheibe 3 gegenüber. Schraubenfedern ziehen sie in gelöstem Zustande gegen einen verstellbaren Anschlag zurück. Das Gehäuse wird durch den Arm 4 am Wagen aufgehängt und ruht im Übrigen auf der Wagenachse. Die Bremsscheibe wird mittels der Ölpolster 5 geschmiert.

Verteilung der magnetischen Bremsen im Zuge. Da die Speisung der Bremsmagnete durch die auf elektrische Bremse geschalteten Motoren des Triebwagens erfolgt, wobei die Motoren selbst, wie unter Elektrodynamische Bremse angeführt, eine bis zum vorübergehenden Stillstande der Räder gehende Bremskraft ausüben, ist die häufig zu findende Ausrüstung der einen Motorantrieb besitzenden Achsen mit magnetischen Bremsen zwecklos und überflüssig. Dagegen empfiehlt es sich, Laufachsen, d. h. freie, mit einem Motor nicht versehene, Achsen magnetisch zu bremsen, um auf diese Weise das ganze Wagengewicht zur Bremsung nutzbar zu machen. Dies bezieht sich auf die Triebwagen. Ihre hauptsächliche Verwendung findet die magnetische Bremse dagegen als durchgehende Bremse bei Anhängewagen. Bei den auf öffentlichen, dem allgemeinen Verkehre zugänglichen, Strassen fahrenden Bahnen sollen alle Zugachsen gebremst werden. Die Bethätigung sämtlicher Bremsen des Zuges vollzieht sich vom Führerstande aus mittels des zum Fahrdienste erforderlichen Reglers ohne besondere Kraftanstrengung seitens des Führers. Taf. LII zeigt einen mit magnetischer Bremse der Bauart Siemens & Halske, Berlin, ausgerüsteten Anhängewagen der Strassenbahn Darmstadt.

Die **Schaltung der magnetischen Bremsen** eines Zuges unter sich und mit den Reglern des Triebwagens stellt Textabb. 50 dar. Der von den Motoren 1, 2 erzeugte Bremsstrom wird durch die zur magnetischen Funkenlöschung im Regler dienende Spule 5 und den Widerstand 4 in die den Wagen durchziehenden Bremsleitungen geleitet, wobei der Ausschalter 3 geöffnet ist. Sodann tritt der Strom durch die Kupplungen 6, 7 und 8 in die Bremsleitungen des Anhängers über, an welche in Nebeneinanderschaltung die Magnetbremsen 9, 10 angeschlossen sind. Zur Verbindung der Bremsleitungen der Wagen untereinander dienen biegsame Kabel 8, deren in runde, blanke Bolzen auslaufenden Enden in die an den Stirnwänden der Wagen angeordneten Hülsen 6 und 7 gesteckt werden. Als Ort für diese Kupplungsmuffen eignet sich das Spritzblech bezw. bei verkleideten Plattformen der unter den Kopffenstern liegende Teil der Stirnwände. Die an den Dachrahmen angeordneten

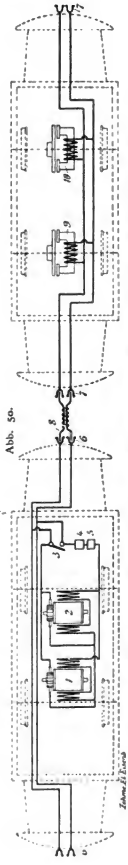
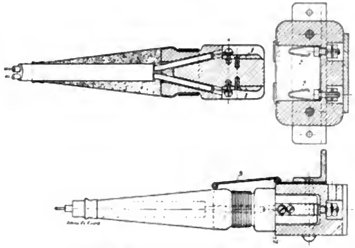


Abb. 50.

Schaltung der magnetischen Bremsen eines Zuges in Verbindung mit der elektrischen Bremse des Triebwagens.

Kupplungskabel erleiden wegen ihres Durchhanges und wegen der Berührung mit den von den Stangen der Stromabnehmer herabhängenden Seilen leicht Störungen. Man vereinigt die beiden Kabel in dem mittleren Teile zuweilen zu einem Stücke, sodass man nur ein einziges Kupplungsorgan erhält. (Textabb. 50). In Textabb. 51 ist ein Bremsschalter der Union E.-G., Berlin, dargestellt, bei welchem die vereinigten Kabel in den Steckkontakt hineingeleitet werden, woselbst sie getrennt mit je einem Schleifstücke 1 verbunden werden. Die Schleiffedern 2, an welche die durchgehenden Bremsleitungen des

Abb. 51.



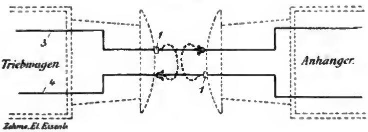
Bremsschalter der Union E.-G. Berlin.

Wagens geführt werden, legen sich im geschlossenen Zustande des Ausschalters auf die Schleifstücke 1, wodurch der Stromschluss bewirkt wird. Klappen 3 halten die Ausschalterdose bei geöffnetem Ausschalter nach aussen abgeschlossen.

Die beiden Kupplungsmuffen des Triebwagens werden bei Alleinfahrt des letzteren entweder unmittelbar oder mittels eines mit den entsprechenden Leitungen innerhalb des Triebwagens verbundenen Ausschalters 3 (Textabb. 50) kurzgeschlossen, wodurch die sonst offene Bremsleitung des Triebwagens geschlossen wird. Nach der in Textabb. 52 angegebenen Anordnung kann dieser Ausschalter erspart werden. Es sind hierbei die Kabel je mit einem Ende auf der rechten Seite der beiden Wagen bei 1, 1 dauernd befestigt; die anderen Enden werden in die gegenüberliegenden Muffen 2, 2 zwecks Stromschlusses gesteckt. Bei der Entkuppelung der Wagen genügt es dann, das an jedem Wagen befestigte Kabel in die neben seiner Befestigungsstelle liegende Muffe zu stecken, wodurch eine Schleife gebildet wird und die beiden

Bremsleitungen 3, 4 des Triebwagens zwecks Stromschlusses verbunden werden. Diese anscheinend sehr einfache Ausführung leidet indess an dem Nachteile, dass die wegen der gegenseitigen Bewegung der Wagen in scharfen Gleiskrümmungen ziemlich langen Kabel bei der erwähnten Schleifenbildung lang herunterhängen und dadurch leicht zu Störungen Veranlassung geben.

Abb. 52.



Zur **Regelung der magnetischen Bremse** finden dieselben Mittel wie bei der Regelung der elektrodynamischen Bremse Anwendung, weil diese auf Regelung der Bremsstromstärke beruhen, von welcher auch die Erregung der magnetischen Bremse abhängt. Andere Regelungsarten, die in der verschiedenen Schaltung der Spulen der Bremsmagnete unter einander bestehen, wendet man wegen der erhöhten Zahl von erforderlichen Kabelleitungen zwischen dem Trieb- und Anhängewagen sowie wegen der verwickelteren Ausführung des Reglers im Triebwagen nicht an. Die Einschaltung sämtlicher Magnetbremsen eines Zuges erfolgt gleichzeitig und ohne Kraftanstrengung seitens des Führers des Triebwagens, eine für durchgehende Bremsen unerlässliche Bedingung.

Wie oben bereits erwähnt, hat man stellenweise (z. B. auf der Transversallinie Wien) die bei hoher Fahrgeschwindigkeit und schneller Einschaltung dieser Durchgangsbremse entstehende Gefahr für die Motorisolation durch Einfügung eines selbstthätigen Kurzschliessers der Motormagnete zu beseitigen gesucht. Man hat jedoch diese Einrichtung mit Rücksicht auf ihre Betriebsunsicherheit alsbald wieder fallen lassen, indem man es lediglich der Sorgfalt des Wagenführers überlässt, die Bremsen unbeschadet der Motoren in der bestmöglichen Weise zur Wirkung zu bringen.

d. ε. Bremsversuche
und
vergleichende Übersicht der vorstehend angeführten Bremsarten.

Für die Beurteilung des Wertes einer Bremse dienen die Bremswirkung in der Wagrechten und im Gefälle, die Betriebssicherheit und die Empfindlichkeit gegen Störungen, die Handlichkeit, die Anwendbarkeit in einem Zuge als Durchgangsbremse, sowie endlich die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten.

Wie oben schon bemerkt, lässt sich die Länge des Bremsweges, d. h. des Weges, auf dem ein gebremstes Fahrzeug zum Stillstande kommt, theoretisch nicht mit einer den thatsächlichen Verhältnissen entsprechenden Genauigkeit ermitteln. In der hierfür geltenden Beziehung:

$$P\,l + \frac{G}{1000}(w \pm s)\,l = \frac{G\,v^2}{2\,g}$$

$$l = \frac{G\,v^2}{2\,g}\,\frac{1}{P + \frac{G}{1000}(w \pm s)} \qquad \text{Gl. 12.}$$

(worin P in kg die an den Wagenrädern wirkende Bremskraft, G in kg das Wagengewicht, l in m den Bremsweg, g die Beschleunigung der Schwere, v in m/sec die Fahrgeschwindigkeit, w in kg/t den Bewegungswiderstand in der Wagrechten, ± s in kg/t den Bewegungswiderstand in der Steigung bezw. im Gefälle bedeuten) fehlt die zur Bestimmung von P erforderliche Kenntnis der Reibungswerte für Rad und Bremsklotz, sowie Rad und Schiene; auch wären diese Werte für jede Beschaffenheit der Schienenoberfläche verschieden, und es würde die für einen bestimmten Gleiszustand genügende Bremse bei einem andern nicht mehr ausreichen.

Man hat die Bremswege durch Versuche festgestellt und ist auf Grund dieser Zahlen wohl in der Lage, erfüllbare Bedingungen an eine Bremse zu stellen. Die Versuchsergebnisse werden wesentlich von der Beschaffenheit der Schienenoberfläche beeinflusst, und es ist nicht thunlich, bei behördlichen Vorschriften die günstigsten Bedingungen für die Bremsung anzunehmen.

Da man mit allen heute bekannten Bremsen jeden beliebigen Bremsdruck von Null bis zum Stillstande der Räder[1]) erreichen kann, so ist die eigentliche Bremswirkung von dem Augenblicke der vollendeten Bethätigung der Bremse ab gerechnet bei allen Bremsen gleich. Der thatsächliche Unterschied zwischen den Bremsen beruht auf dem Unterschiede zwischen den zur Bethätigung der Bremse benötigten Zeiten. Dieser, von dem Willen des Wagenführers an bis zum Eintritte des gewünschten Bremsdruckes gerechnete Zeitraum setzt sich aus der mehr oder minder langen Besinnungszeit des Führers und sodann zum grösseren Teile aus der Zeit zusammen, welche zum Anzuge des Bremsgestänges sowie zur Überwindung des sog. toten Ganges in allen Bremsteilen nötig ist. So erfordert beispielsweise eine Handbremse infolge der Drehungen an der Bremskurbel offenbar erheblich mehr Zeit zum vollen Anzuge als eine Luftdruckbremse, bei welcher nur ein Handgriff am Führerbremsventile ausgeführt wird und die Druckluft in Bruchteilen einer Sekunde das Bremsgestänge anzieht. Die Besinnungszeit des Wagenführers ist bei gleichzeitiger Benutzung zweier Bremsen, z. B. der elektrischen und Handbremse, von besonders grossem Einflusse.

Nebenstehende Zahlentafel IV giebt die Durchschnittswerte mehrfacher Bremsversuche bei verschiedenen Gleiszuständen an.

---

[1]) Über die Wirkung festgebremster Räder s. S. 34.

Zahlentafel IV.

Durch Versuche ermittelte Bremswege bei Strassenbahnen.

Bremsart	Bremswege in m bei 20 km/Std. Anfangsgeschwindigkeit und dem Schienenzustande:			
	schlüpfrig	nass	trocken	gesandet
I. Handbremse[1]: (Auf jedes Wagenrad wirkend)	25	20	15	12
II. Elektrische Bremse (Kurzschlussbremse)[2]:				
a) 1 Motor im zweiachsigen Wagen: (Freie Achse ungebremst)	—	—	15	12
b) dsgl. jedoch freie Achse mit Magnetbremse:	15	—	9–10	8–9
c) 2 Motoren im zweiachsigen Wagen:	14	10	9	8
III. Elektrische Bremse (Kurzschlussbremse) mit Handbremse am Schlusse der Bremsung: (2 Motoren im zweiachsigen Wagen)	—	—	8	7
IV. Durchgehende magnetische Bremse[3]) d. h. elektrische Bremse im Triebwagen und magnetische Bremse im Anhänger: (Alle Achsen gebremst; ohne Hilfe der Handbremsen)	14–20	—	10–12	9–11
V. Durchgehende Luftdruckbremse[4]) im Trieb- und Anhängewagen: (Alle Achsen gebremst)	20	—	11	10

Zu diesen Zahlenwerten ist Folgendes zu bemerken: Die angegebenen Bremswege entsprechen der wirklichen Betriebsart, die Wagenführer waren nicht vorbereitet. Die Besetzung eines Wagens beeinflusst die Länge des Bremsweges nicht. Wenn trotzdem bei leeren Wagen ein kürzerer Bremsweg beobachtet werden sollte als bei besetzten Wagen. so liegt das daran, dass der Bremsdruck bei letzteren dem grösseren Bremsgewichte, d. h. Raddrucke, nicht entsprach und die Räder nicht soweit bremste, dass sie eben noch rollten, was z. B. bei Luftdruckbremsen, deren Anzugskraft dem leeren Wagen angepasst wird, vorkommt. Die Anzahl und Besetzung der gebremsten Anhänger ist für den Bremsweg gleichfalls belanglos, da die Bremsdrucke derselben den Raddrucken entsprechen müssen. Aus dem gleichen Grunde ist die weitverbreitete Ansicht, dass im Allgemeinen der Bremsweg der Wagenlänge entsprechen soll, als irrig zu bezeichnen. Die langen Bremswege bei schlüpfrigen Schienen finden teilweise in dem Gleiten der festgebremsten, also stillstehenden Räder ihre Erklärung.

[1]) Siehe S. 30. [2]) Siehe S. 41. [3]) Siehe S. 60. [4]) Siehe S. 51.

Nach Zusammenfassung alles oben über die Bremse Gesagten kommen bei der Beurteilung und Wahl einer für einen gegebenen Betrieb geeigneten Bremse folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Handbremse: Bremsweg verhältnismässig lang; die Bremse hält das Fahrzeug auch im Gefälle und in Steigungen an.

Bethätigung erfordert Kraftanstrengung.

Als durchgehende Bremse in Zügen nicht verwendbar.

Von der Stromzuleitung (Stromquelle) unabhängig. Gegen Störungen nicht empfindlich.

Anschaffungs- und Unterhaltungskosten gering.

Elektrische Bremse. Bremsweg bei höheren Fahrgeschwindigkeiten kurz. Bremsweg bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten lang; die Bremse hält das Fahrzeug in Steigungen und Gefällen nicht an.

Bethätigung ohne Kraftanstrengung.

Als durchgehende Bremse in Verbindung mit Magnetbremse verwendbar.

Von der Stromzuleitung (Stromquelle) unabhängig.

Gegen Störungen in dem Masse wie die Motoren empfindlich. (Kurzschlussbremse zu Störungen an Motor und Triebwerk geneigt.)

Anschaffungskosten bei Verwendung als Notbremse gering, als Betriebsbremse infolge Motorvergrösserung und Reglereinrichtung nicht unbedeutend.[1])

Unterhaltungskosten wie bei Anschaffungskosten.

Durchgehende magnetische Bremse. Im Triebwagen elektrische Bremse. Im Anhänger magnetische Bremse.

Bremsweg u. s. w. wie vorstehend.

Als selbstthätig wirkende durchgehende Bremse in längeren Zügen nur bei Abhängigkeit von der Stromzuleitung anwendbar.

Anschaffungskosten erheblich.

Unterhaltungskosten je nach Bauart der Bremse (Scheiben- oder Trommelbremse, geschmiert oder trocken) gering bezw. nicht unbedeutend.

Durchgehende Luftdruckbremse. Bremsweg wie bei der durchgehenden magnetischen Bremse, eher etwas geringer, da die magnetische Erregung mehr Zeit beansprucht als die Verteilung der Druckluft. Bremsweg bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten dagegen erheblich kürzer als bei magnetischen Bremsen.

Hält das Fahrzeug im Gefälle und in Steigungen an.

Bethätigung ohne Kraftanstrengung.

Von der Stromzuleitung (Stromquelle) unabhängig.

Gegen Störungen bei guter Instandhaltung nicht empfindlich[2]).

[1]) Man ist vielfach der Meinung, die elektrische Bremse „koste nichts" und vergisst dabei, dass entweder die Motoren für den reinen Zug zu gross sind oder dass die durch die hohen Bremsstromstärken beschleunigte, immer fortschreitende Isolationsverkohlung im Anker erst späterhin zur Zerstörung der Motoren führt.

[2]) Die Ansichten der Bahnverwaltungen weichen in diesem Punkte sehr von einander ab. Die mitunter laut werdenden Klagen über hohe Unterhaltungskosten finden meist in nicht genügend geschultem Personal (Betriebsführung) oder in übertriebener Sparsamkeit ihre Erklärung. Demgegenüber äussert sich z. B. die Grosse Leipziger Strassenbahn über Luftdruckbremsen wie folgt:

Als selbstthätig wirkende durchgehende Bremse in längeren Zügen anwendbar.

Anschaffungskosten auf den Zug, einschliesslich Anhänger, bezogen geringer als bei der magnetischen Bremse.

Unterhaltungskosten je nach Schulung des Werkstattpersonals mehr oder weniger erheblich.

Rückstrom. Bremsweg grösser als bei der elektrischen und Druckluft-Bremse.
Hält den Wagen in Steigungen und im Gefälle nicht an.
Bethätigung ohne Kraftanstrengung.
Als durchgehende Bremse nicht verwendbar.
Von der Stromzuleitung (Stromquelle) abhängig.
Gegen Störungen in dem Masse wie die elektrische Bremse empfindlich.
Anschaffungs- und Unterhaltungskosten denen der elektrischen Bremse gleich.
Betriebssicherheit wegen des rücklaufenden Wagens gefährdet.

3. e. Zug- und Stossvorrichtungen.

Die zu einem Zuge zusammengesetzten Wagen werden auf gegenseitigen Zug und Stoss miteinander gekuppelt. Die dazu dienenden Kuppelungen und Buffer werden bei Strassenbahnen immer in der Wagenmitte angeordnet und entweder getrennt oder zweckmässiger zu einer Vorrichtung vereinigt ausgeführt.

Der Doppelbuffer der Dampfbahnen hat sich bei den elektrischen Strassen- und Kleinbahnen glücklicherweise nicht eingebürgert. Er kommt im Vereine mit der zwischen den beiden Buffern liegenden Zugvorrichtung nur dann zur Anwendung, wenn Wagen bestehender Bahnen mit solchen Einrichtungen auf elektrische Linien übergehen.

Die Zahl der ausgeführten Zug- und Stossvorrichtungen bei Strassen- und Kleinbahnen ist sehr gross, da auf etwaigen Übergang der Fahrzeuge auf andere Linien nicht Rücksicht genommen zu werden pflegt. Im Nachfolgenden sind die wichtigsten Bauarten aufgeführt.

e. α. Kuppelung mit Buffer vereinigt.

Die einfachste Form der vereinigten Vorrichtungen besteht in einem Mittelbuffer, der vorn eine trompetenförmige Öffnung besitzt und mit demjenigen des anzukuppelnden Wagens durch eine allseitig bewegliche Kuppelstange verbunden wird (Abb. 1, Taf. XXXII), sodass die Wagen im wagrechten und senkrechten Sinne Bewegungen gegen einander ausführen können. Die Buffer können starr oder mittels Federn an den Kopfträgern des Wagens befestigt werden. Die schiefe Stellung zweier Wagen in scharfen Gleiskrümmungen führt bei diesen Kuppelungen jedoch zu beträchtlichen Seitenkräften zwischen beiden Buffern, welche Entgleisungen oder zum Mindesten heftige Stösse zur Folge haben. Dies ist auch bei der ähnlich gebauten, gleichfalls mit einer auf Zug und Stoss wirkenden Kuppelung von Grondona (Abb. 1, Taf. XXXIII) der Fall. Abb. 1, Taf. XXXIV giebt eine nach

„Die Luftdruckbremsen arbeiten sehr zuverlässig und beanspruchen sehr geringe Reparaturkosten" (VI. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Strassenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen zu Wiesbaden, Sept. 1900.)

gleicher Art ausgeführte Kuppelung mit selbstthätig einfallender Kuppelstange an, welche letztere vorn hakenartig mit schräger Auflauffläche ausgebildet ist und durch ein Gewicht niedergezogen wird. Die Bufferstange ist hier wie bei Abb. 1, Taf. XXXII gegen den Wagen gefedert und zwar dient ein und dieselbe Feder zur Aufnahme des Druckes und Stosses. Die in beiden Abbildungen angegebenen Ketten dienen lediglich als Notkuppelung.

Diese mit den Buffern vereinigten, feststehenden Kuppelungen können aus genanntem Grunde nur bei kurzen Wagen oder grossen Gleiskrümmungshalbmessern Anwendung finden.

Man verlängerte späterhin die Zugstangen und ordnete sie drehbar unter dem Wagenrahmen an. Ihre vorderen Enden sind bufferartig ausgebildet und nehmen die Kuppelstange auf. Abb. 2, Taf. XXXII und Abb. 2, Taf. XXXIII stellen diese bewährte Bauart dar. Die Zugstangen sollen durch die Kuppelstange starr mit einander verbunden werden. Letztere wird deshalb entweder mit kegelförmigem (Taf. XXXV) oder verlängertem zylindrischen Ansatze (Abb. 2, Taf. XXXII und Abb. 2, Taf. XXXIII) versehen. Verbindet die Kuppelstange beide Zugstangen nicht starr miteinander, hat sie also etwas Spiel in den beiden Zugstangenköpfen, so ecken die Zugstangen bei den gegenseitigen Bewegungen der Wagenenden und es entstehen hierbei harte Schläge, die sich auf die Wagen übertragen. Im ungekuppelten Zustande werden die Stangen in ihrer Mittelstellung, in welcher sie als Buffer dienen durch Überfallstücke festgehalten (Abb. 2, Taf. XXXII). Die Federn wirken gleichzeitig auf Zug und Stoss. Sie werden entweder fest angeordnet (Taf. XXXV) oder zwecks Raumersparnis als Teil der Zugstange selbst (Abb. 2, Taf. XXXII). Aus gleichem Grunde kann die Feder auch nach Abb. 2, Taf. XXXIII ausgeführt werden.

Die Zugstangen müssen, da sie auch die Stösse aufnehmen, auf Zerknicken berechnet werden. Zu ihrer Herstellung eignen sich Rohre.

Die Bufferteller sollen so breit und hoch sein, dass sie beim Verschieben ungekuppelter Wagen in den schärfsten Gleiskrümmungen nicht an einander vorbeigleiten. Den letzteren soll auch die Wölbung der Bufferteller angepasst werden.

Der Belag der Bufferteller mit Holz ist unvorteilhaft, weil der Buffer nur beim Verschieben leerer Wagen zur Wirkung kommt und die Holzteller viel Wiederherstellungskosten verursachen. Das Anschieben eines Triebwagens an einen Anhängewagen oder umgekehrt auf der Strecke gehört zu Ausnahmefällen und kann mit der nötigen Vorsicht ausgeführt werden.

e. β. Kuppelung vom Buffer getrennt.

Die Trennung der Zugvorrichtung vom Buffer erfüllt den einzigen Zweck, die Wagen bei Verschieben in Bahnhöfen vor Beschädigungen in dem Falle zu bewahren, dass die zugleich als Buffer dienenden, übrigens drehbar angeordneten Zugstangen in ihrer Mittelstellung aus Vergesslichkeit nicht festgehalten wurden. In letzter Zeit nimmt man indes hierauf keine Rücksicht mehr und zieht die vereinigten Zug- und Stossvorrichtungen vor. Der bei den Dampf-Hauptbahnen mit der Sonderausführung der Zugstange verbundene Zweck, bestehend in einer durchgehenden Zugstange, kommt hier nicht in Betracht, insofern als bei allen unabhängigen

elektrischen Strassen- und Kleinbahnen die Untergestelle bezw. Wagenkasten zur Übertragung des Zuges von einem Wagenende auf das andere dienen.

Eine schwächere Ausführung der Zugstangen gegenüber den vereinigten Vorrichtungen ist bei den getrennten Einrichtungen nicht angängig, da die Zugstangen entgegengesetzt den bei Dampfbahnen gebräuchlichen Ausführungen hier starr mit einander verbunden werden und so auch den Stoss aufnehmen. Die Buffer kommen lediglich bei Verschiebungen in Bahnhöfen zur Wirkung.

Taf. XXXV stellt eine getrennte Zug- und Stossvorrichtung dar, bei welcher die beiden Zugstangen mittels eines in sie kegelförmig hineinragenden Kuppeleisens starr miteinander verbunden werden.

Bei der Bestimmung der Höhenlage der Zugstangen ist auf die gegenseitige Stellung der gekuppelten Wagen in den kleinsten Gleiskrümmungen und grössten Gefällsbrüchen sowie auch auf Wagenschwankungen Rücksicht zu nehmen (Abb. 3, Taf. XXXIV).

In Abb. 2, Taf. XXXIV ist eine getrennte Zug- und Stossvorrichtung angegeben, bei welcher mittels an Ausgleichshebeln angreifender Ketten und eines dreieckförmigen Zwischengliedes die Kuppelung angezogen und gelöst wird. Wie bei Abb. 1, Taf. XXXII schon bemerkt, eignen sich diese an den Kopfschwellen der Wagen angebrachten Kuppelungen nicht für lange Wagen und scharfe Gleiskrümmungen.

Eine nach amerikanischem Vorbilde gebaute, getrennte Zug- und Stossvorrichtung besteht, wie Textabb. zeigt, darin, dass die untere Kopfschwelle stark nach vorn hervortritt und derart eine rings um die Stirnseite des Wagens herumgehende Stossfläche bildet, unter welcher die Zugstange drehbar gelagert wird.

e. γ. Doppelbuffer mit Kuppelungen.

Wie oben bemerkt, werden Doppelbuffer bei elektrischen Bahnen, gleichviel welcher Gattung, nur dann angewandt, wenn Wagen bestehender Bahnen, die bereits solche Einrichtungen besitzen, an elektrische Triebwagen gekuppelt werden. Die Zug- und Stossvorrichtungen müssen in diesem Falle denen der vorhandenen Wagen entsprechen.

Wird der Anschluss einer elektrischen Bahn mit Mittelbuffern an solche mit Doppelbuffern oder der Übergang der Wagen beider Bahnen auf gemeinsame Strecken erst nach dem Ausbaue beider Bahnen bewirkt, so muss eine Vereinigung beider Bauarten an diesen oder jenen Wagen durchgeführt werden. Da die Doppelbuffer der Dampfbahnen in der Regel höher liegen, als der Mittelbuffer der Kleinbahnen, so lässt sich eine solche Vereinigung meist in einfacher Weise erzielen.

e. δ. Sicherheitsvorrichtungen bei Kuppelungen.

Da bei Strassenbahnen und mit einigen Ausnahmen auch bei Kleinbahnen mit kurzen Zügen durchgehende, selbstthätig wirkende Bremsen der Ersparnis halber nicht vorgesehen werden[1]), so müssen zwischen den Wagen eines Zuges Sicherheitskuppelungen vorgesehen werden. Dieselben verhüten in Steigungen die Lostrennung der angehängten Wagen.

[1]) Siehe S. 59.

Abb. 1, Taf. XXXII und Abb. 1, Taf. XXXIV geben eine, den Zweck in einfacher Weise erfüllende Vorrichtung an, die in zwei zu beiden Seiten der Hauptkuppelung angebrachten Ketten besteht. Letztere sind so lang zu bemessen, dass sie alle gegenseitigen Stellungen der gekuppelten Wagen in Gleiskrümmungen zulassen.

3. f. Sandstreuer[1]).

Der Betrieb elektrischer Bahnen erfordert, besonders auf dem öffentlichen Verkehre zugänglichen Strassen, gute Sandstreuvorrichtungen. Dieselben verhüten bis zu einem gewissen Grade nicht nur das Schleudern ungenügend belasteter Triebräder, sondern auch das Gleiten gebremster Räder.

Bahnen, die eigene Bahnkörper befahren, bedürfen nur dann des Sandstreuens, wenn den in Steigungen zumal bei vereisten oder mit Blättern bestreuten Gleisen auftretenden Zugkräften die Reibung der Triebräder nicht mehr entspricht.

Die Reibung der Räder auf den Schienen, welche bei trocknen, reinen Schienen etwa 0,17 beträgt, wird durch Sandstreuen auf 0,25 bis 0,3 erhöht.

Die Herstellung eines brauchbaren Sandstreuers gehört zu den schwierigsten Aufgaben des Wagenbaues. Seine Wirkung wird durch unreinen Sand sehr beeinträchtigt, und es werden die hieraus entstehenden Störungen mit Unrecht vielfach dem Sandstreuer selbst zugeschrieben. Der Sand soll lehmfrei sein und gut gesiebt und getrocknet werden. Wo erhältlich, ist Schlackensand zu verwenden.

Abb. 1, Taf. XXXVI stellt einen häufig angewandten Sandstreuer dar. Der Antrieb erfolgt entweder mittels des Fusses oder eines durch die Hand bethätigten Zughebels. Der Sandbehälter besteht aus einem unter dem Wagenfussboden oder einer Sitzbank angeordneten Trichter, in dessen Boden sich ein hin- und hergehender, gelochter Schieber befindet. Statt des Schiebers wendet man auch Ventile an, welche sich indes leichter verstopfen (Abb. 1, Taf. XXXVII).

Die Sandstreurohre sollen möglichst gross sein und nur flache Krümmungen erhalten, möglichst steil stehen und unmittelbar vor den Rädern münden, damit der Sand bei seinem Austritte nicht fortgeweht wird und in Gleiskrümmungen nicht ausserhalb der Schienen fällt. Es ist durch eine geeignete Schutzwand an der Rohrmündung oder durch einen schiefen, von den Rädern abgekehrten Abschnitt des Rohrendes (Abb. 1, Taf. XXXVII) dafür zu sorgen, dass das Spritzwasser der Räder nicht an das Rohr gelangt und dessen Mündung verstopft. Die Bestreuung beider Schienenstränge ist derjenigen nur eines derselben vorzuziehen und kann an jedem Wagenende von einem in der Mitte angeordneten Kasten aus erfolgen. Abb. 1, Taf. XXXVI zeigt einen zweischienigen Sandstreuer mit zwei gesonderten Trichtern, deren gekuppelte Schieber gemeinsam bewegt werden.

Neben den genannten Sandstreuern giebt es noch andere Bauarten, deren Wirkungsweise auf besonderen Vorrichtungen zur Beförderung des Sandes vom Behälter zur Ausflussöffnung beruht. Bei Abb. 2, Taf. XXXVI wird hierzu eine Schnecke benutzt, bei Abb. 2 und 3, Taf. XXXVII ein Schieber bezw. eine Schwinge, welche

[1]) Salzstreuer siehe S. 93.

den Sand über einen Überfall befördern. Diese beiden letztgenannten Sandstreuer sind amerikanischen Ursprungs und haben sich bewährt.

Befinden sich Luftdruckbremsen im Zuge, so empfiehlt es sich Sandstreuer mit Luftdruckgebläsen zu verwenden, wie solche von Lentz für Dampflokomotiven angegeben wurden. Man hat neuerdings in den V. St. Amerikas mit Druckluft arbeitende Sandgebläse auch mit kleinen, an einem Fusstritte angebrachten, eigenen Luftpumpen ausgeführt. Dieselben dürften aber kaum den nötigen Luftdruck zu liefern imstande sein. Die mit Druckluft bethätigten Sandstreuer ermöglichen es, den Sand unmittelbar zwischen Rad und Schiene zu blasen, sodass die Räder schon beim Anfahren die bestreute Schiene vorfinden, was bei gewöhnlichen Sandstreuern nur durch Streuen vor dem Stillstande bewirkt werden kann. Letztere Handhabung ist wegen der gleichzeitigen Bethätigung des Stromreglers und der Bremse fast undurchführbar. Die Vereinigung des Sandstreuers mit der Bremse zwecks gleichzeitiger Bethätigung beider Vorrichtungen führt zu schwierigen, kaum brauchbaren Ausführungen.

Nicht unerwähnt dürfen hier die Sandstreuvorrichtungen bleiben, zu denen manche und selbst grosse Strassenbahnen nach vergeblichen Versuchen mit anderen Bauarten übergegangen sind. Diese Sandstreuer bestehen aus einem kleinen, am Führerstande in greifbarer Höhe angeordneten Trichter, von welchem ein Abflussrohr hinunter führt. Der Führer entnimmt mit der Hand einem neben dem Trichter aufgehängten Sandkasten etwas Sand und wirft denselben in den Trichter, von wo der Sand zu den Gleisen gelangt. Da der Führerstand sich jedoch an den in Gleiskrümmungen weit über den Schienen hängenden Wagenenden befindet, kann der so gestreute Sand selbst bei stark nach hinten geneigten Streurohren kaum auf die Gleise gelangen. Man beobachtet deshalb häufig, dass der Führer in solchen Fällen den Sand von seinem Stande aus unmittelbar auf die Gleise wirft.

3. g. Schutzvorrichtungen.

g. α. Bahnräumer.

Die an dem Untergestelle der Wagen anzubringenden Schutzvorrichtungen haben den Zweck, fremde Gegenstände vom Laufwerke fernzuhalten, sei es, dass diese vor Überfahren oder Beschädigungen geschützt werden sollen, oder, dass durch sie das Laufwerk des Wagens und mithin der Wagen selbst nicht gefährdet werden soll.

Diese Vorrichtungen bestehen in unmittelbar vor den Rädern quer zur Wagenlängsmitte angeordneten Brettern, Querträgern oder Schirmen. Die unter dem Wagenfussboden liegenden Teile (Bremsen, elektrische Einrichtung u. s. w.) sollen hierbei so hoch über S.O. liegen, dass zu Falle kommende Personen nicht von ihnen an die Erde gequetscht oder überhaupt berührt werden können. Die dicht vor den Rädern angeordnete Schutzvorrichtung hat vor derjenigen, bei welcher die äussere Stirnfläche des Wagens (bei Plattformen also deren Spritzbleche) benutzt und gerade herunter bis etwa 100—150 mm über S.O. geführt wird, folgende Vorzüge:

1. Die Zeit vom Beginne der Bremsung bis zur Ankunft der Räder am Hindernisse ist länger, die Fahrgeschwindigkeit im Augenblicke des

Hineingeratens des Fremdkörpers in das Laufgestell also mehr gemässigt;

2. Die Abweichung des Schutzbrettes in Gleiskrümmungen von der Gleisaxe ist geringer, d. h. der zu beseitigende Gegenstand wird günstiger getroffen;
3. Die Schwankungen des Schutzbrettes in senkrechtem Sinne sind geringer, infolgedessen sowohl ein Aufsetzen des Räumers auf den Gegenstand weniger zu befürchten ist, als auch der Räumer selbst einen kleineren Abstand von S.O. haben kann.

Der bei senkrechten Wagenschwankungen gleichbleibende Abstand des Bahnräumers von S.O. lässt sich dadurch erreichen, dass man die Träger des Bahnräumers an den Achsbuchsen aufhängt. Dadurch aber erfahren die Achsen eine beträchtliche Beschwerung, die zu einem harten Gange des Wagens und zu einer schädlichen Inanspruchnahme des Gleises Veranlassung giebt. Es empfiehlt sich deshalb, die Seitenträger mittels kurzer Schrauben- oder Wickelfedern an die Achsbuchsen zu hängen (Taf. VII, VIII und XXIV); die Schwankungen des Bahnräumers sind bei einem Schienenabstande von etwa 100 mm noch zulässig. Für kleine Schienenabstände des Bahnräumers kann die von Zehme entworfene Aufhängung (Abb. 3, Taf. XXXVIII) Anwendung finden. Dieselbe gewährt einen bei allen senkrechten Wagenbewegungen gleichbleibenden Abstand des Räumers von den Schienen.

Die Ausführung eines gewöhnlichen Bahnräumers wird durch Taf. VI bis X dargestellt. Die Vorderseite wird durch kielartig gegeneinander gestellte Bretter aus hartem Holze gebildet, welche gegen Zersplittern durch senkrechte Bunde aus Flacheisen gesichert sind und senkrecht oder schräg gegen den Bahndamm gestellt werden. Die Einfassung der unteren, den Schienen zugekehrten Seite der Bretter mittels starker Taue (Bauart der Strassen-Eisenbahn-Gesellschaft Hamburg, Abb. 3, Taf. XXXVI) soll Schonung etwa vor den Räumer geratender Personen bezwecken. Eiserne Räumer greifen die gefährdeten Gegenstände mehr an als hölzerne und sind nicht billiger wiederherzustellen als diese.

Ein in Oesterreich verbreiteter Bahnräumer der Bauart J. Weitzer, Graz (Abb. 1, Taf. XXXVIII) beruht auf dem Gedanken, dass der vorn schirmförmig ausgebildete Räumer bei dem Aufstossen auf im Gleise liegende Gegenstände nach unten nachgiebt und so letztere mehr von unten aufgreift. Diese Bauart hat sich, soweit bekannt, bisher gut bewährt. Zu gleichem Zwecke dient die in Abb. 1, Taf. XXXVIII dargestellte Bauart der Peckham Truck Company, New-York[1], bei welcher ein breites Netz zur Aufnahme der aufgegriffenen Gegenstände bestimmt ist.

Die besonders bei amerikanischen Bahnen vielfach eingeführten Einrichtungen (fender oder auch cow catcher genannt), welche beim Aufstossen auf in der Fahrbahn liegende Gegenstände selbstthätig oder durch Hand ausgelöst werden und nun den Gegenstand auffangen und mitschleppen sollen, haben sich nicht bewährt. Sie können höchstens zur förmlichen Erfüllung behördlicher Vorschriften dienen. Ausführliche Versuche mit derartigen Vorrichtungen in Hamburg haben ihre Wertlosigkeit unzweifelhaft dargethan.

[1] Bezug durch Rob. W. Blackwell & Co., London.

Bei Drehgestellwagen sind an beiden Stirnseiten eines jeden Drehgestelles Bahnräumer anzubringen (Taf. XLV). Anhängewagen bedürfen gleichfalls dieser Schutzvorrichtung, da Unglücksfälle bei unvorsichtigem Auf- und Abspringen am Triebwagen meistens durch den nachfolgenden Anhängewagen herbeigeführt werden.

g. β. Seitenschutz.

Der Schutz gegen das Eindringen von Gegenständen an den Vorderseiten des Wagens genügt bei Bahnen auf dem öffentlichen Verkehre zugänglichem Bahnkörper allein nicht, da solches auch an den Längsseiten stattfinden kann. Das ganze Untergestell soll ringsherum durch eine wenigstens 300 mm hohe Wand, die etwa 100 mm von S.O. absteht, eingefasst werden. An den Längsseiten genügt hierzu starkes Eisengitter von etwa 50 mm Maschenweite und 3 bis 4 mm Drahtstärke.

g. γ. Schutzvorrichtung zwischen Trieb- und Anhängewagen.

Es hat sich als zweckmässig ergeben, den zwischen dem Trieb- und Anhängewagen befindlichen freien Raum nach aussen abzuschliessen. Hierzu können bewegliche, zwischen beiden Wagen angebrachte und bis 100 mm auf die Schienen hinabgeführte, nach Art der Nürnberger Scheere gebaute Verbindungsgitter oder einige teleskopartig ineinander gesteckte, wagerechte Stäbe gute Dienste leisten, welche den gegenseitigen Bewegungen beider Wagen Rechnung tragen müssen.

g. δ. Schienenbesen.

Die mit den Bahnräumern zuweilen verbundenen, die Gleise bestreichenden Besen aus Stahlborsten, Pissavabesen oder Reisern erfüllen nur solange sie neu sind den Zweck der Gleisreinigung. Da sie aber einer starken Abnutzung unterliegen und ihre Unterhaltung kostspielig ist, bringt man sie heute nirgends mehr an. Es dürfte sich indes zwecks guten Stromüberganges von den Rädern auf die Gleise empfehlen, derartige Besen an Hebeln aufzuhängen, sodass es der Wagenführer in der Hand hat, bei unreinen Gleisen die Besen vorübergehend auf die Gleise zu senken.

A. 4. Wagenkasten.

Die Bauart der Wagenkasten richtet sich nach der Eigenart der Bahnanlage als Strassenbahn, Lokalbahn (Kleinbahn) oder Hauptbahn. Die bei den Dampfbahnen mit „Nebenbahnen" bezeichneten Anlagen fallen hier unter Lokalbahnen.

Für die Bauart der Wagenkasten sind in jeder der genannten Klassen die Fahrgeschwindigkeit und Betriebsart, für die Ausstattung, wo nicht Anlehnung an Dampfbahnen gleicher Betriebsart geboten ist, die Wirtschaftlichkeit und Eigentümlichkeit des Landes sowie der Fahrgäste massgebend.

4. a. Die Wagenkasten der Strassenbahnen.

a. α. Die Triebwagen der Strassenbahnen für Personenbeförderung.

Die Eigenart der Strassenbahn, bestehend in billiger Massenbeförderung auf kurzen Strecken, bedingt und ermöglicht grösste Ausnutzung des vorhandenen Raumes.

Von den Gesichtspunkten, die einem Wagen das Gepräge geben, sind zu nennen: die geschlossene oder offene Bauart, die Anordnung und Verteilung der Sitz- und Stehplätze und die Gestaltung der Plattformen.

Wahl der Bauart. Man führt die Wagen entweder geschlossen, offen, je zur Hälfte geschlossen und offen oder von dem einen Zustande in den andern umwandelbar aus. In allen Fällen erhält ein Strassenbahnwagen an den Enden offene oder geschlossene Plattformen, welche den Zugang zum Wageninnern bilden und zugleich als Stehraum dienen.

Die Gründe, welche für die Anschaffung geschlossener, offener oder gemischter Wagen angeführt werden, sind überall verschieden. Triebwagen, die ohne Anhänger laufen, sollten immer geschlossen ausgeführt werden. Offene Triebwagen können sich nur in grossen Betrieben oder in unveränderlichen, heissen Klimaten bewähren. Bei Anhängerbetrieb hat man das einfache Mittel an der Hand, je nach der Witterung offene oder geschlossene Anhänger mitzunehmen, deren Anschaffungskosten weniger hoch sind.

Eine Schattenseite aller offenen Wagen darf, insbesondere bei Staatsstrassen benutzenden Vororts- und Überlandbahnen, nicht ausser acht gelassen werden. Dieselbe besteht in der Belästigung der Fahrgäste durch den Strassenstaub und lässt sich selbst bei Sprengwagenbetrieb nie ganz beseitigen.

Ganz unzweckmässig sind die halb als Sommer- und halb als geschlossene Wagen gebauten Fahrzeuge. Sie dienen in den Übergangszeiten weder dem einen noch dem anderen Zwecke, sind, auf die Person bezogen, teuer in der Anschaffung und verbrauchen unnötig viel Strom.

Ebenso verfehlt sind die Versuche, durch Abnehmbarkeit oder Aufschiebbarkeit der Seitenwände in einzelnen Abteilungen geschlossene Wagen in offene verwandeln zu wollen (Convertible Cars der Vereinigten Staaten N.-A.). Die Umwandlung wird ihrer Umständlichkeit wegen nicht immer zur rechten Zeit durchgeführt; die herausnehmbaren Wände lassen sich nicht derart wieder einsetzen, dass sie zugfrei schliessen und während der Fahrt nicht klappern; sind sie aufschiebbar, so wird der Wagen schwerer und teurer und giebt im Verlaufe längerer Betriebszeit noch mehr zu lästigem Geräusche sowie zu Störungen durch Witterungseinflüsse auf das Holzwerk des Wagens Veranlassung.

Diesen aussergewöhnlichen Bauarten ist immer entgegenzuhalten, dass ein geschlossener Wagen, dessen Fenster herablassbar und übrigens von grösstmöglicher Breite sind, in allen Fällen genügend mit frischer oder kühler Luft versorgt wird.

Sitzeinteilungen. Die Sitzbänke im Innern geschlossener Wagen werden entweder in der Längsrichtung oder, wie bei oesterreichischen Bahnen gebräuchlich, quer zu derselben aufgestellt. Während bei Längssitzen die Wagenbreite auf die Sitzzahl einen Einfluss nicht ausübt, ist dies bei Quersitzen der Fall, welche bei den üblichen Wagenbreiten von 2 bis 2,2 m von dem Längsgange in dem Verhältnisse 2 : 1 durchbrochen werden. In Abb. 1 bis 7 Taf. XXXIX sind verschiedene Einteilungen mit Längs- und Quersitzen dargestellt. Die Sitzbreite beträgt 0,46 bis 0,5 m und darf bei Querbänken mit einem dieselben durchschneidenden Gange eher etwas kleiner als 0,5 m sein, weil man schräg zur Bankecke sitzen kann.

Die Wagen der Taf. XXXIX sind mit einem Ende untereinander gesetzt, so-

dass man an der gegenüberstehenden senkrechten Linie leicht erkennt, welche Anordnung zu den kleinsten Wagenlängen führt. Es ist hier nicht ausser Acht zu lassen, welche Vorteile die einzelnen Anordnungen bieten und wie letztere sich durch Veränderung der Sitztiefen und Gangbreiten ändern können.

Während in Abb. 2, Taf. XXXIX die Querbänke abteilartig mit festen Rücklehnen gegeneinander stehen und von einem Längsgange im Verhältnisse 1 : 2 durchbrochen werden, sind sie in Abb. 3 nur an den Kopfwänden in dieser Weise aufgestellt, während der Gang an den mittleren, ungeteilten Bänken vorbei sich als Seitengang hinzieht. In Abb. 4 sind die Querbänke nur zweisitzig und die einsitzigen Querbänke der andern Längsseite durch eine durchgehende Längsbank ersetzt (z. B. bei der Gmundener Strassenbahn und den Chemins de fer vicinaux in Belgien ausgeführt). Diese Anordnung bietet die vorteilhafteste Platzausnutzung, ist allerdings für die sitzenden Fahrgäste wegen des schmalen Durchganges nicht die angenehmste. In Abb. 6 sind die Rücklehnen aller Bänke umlegbar; in Abb. 5 bilden hierbei nur die an den Kopfwänden aufgestellten Bänke eine Ausnahme. Abb. 7 giebt eine Anordnung mit drehbaren Sitzen wieder, welche den Vorteil des Vorwärtsfahrens auf allen Bänken bietet und gegen Abb. 6 eine kürzere Bauart des Wagenkastens ermöglicht.

Unter den offenen sog. Sommer-Wagen sind diejenigen mit einem, von den Plattformen zugänglichen, Längsgange (Taf. LI und Taf. LII) wie die geschlossenen Wagen zu behandeln, gleichgiltig ob sie Quer- oder Längsbänke besitzen, während die seitlich offenen und zugänglichen Wagen immer Querbänke erhalten, auf denen bei den in Deutschland üblichen Wagenbreiten von 2 bis 2,2 m je 4 Personen Platz finden. Abb. 1 bis Abb. 4, Taf. XL stellen solche Wagen mit einander gegenüber gestellten Bänken d. h. Doppelbänken, mit einfachen Bänken und drehbaren Lehnen, sowie mit und ohne Querwand zwischen Plattform und Sitzraum dar. Diese Querwände werden vielfach ausgeführt, weil sie die Sitzplätze etwas vor Zugwind schützen. Sitzplätze auf den Plattformen sind unbequem; sie sollten von den Stehplätzen wenigstens durch ein Geländer getrennt werden. Bei Verwendung von Bänken mit umlegbaren Lehnen werden an den Enden Bänke mit festen Lehnen als Abschluss gegen die Plattformen angeordnet (Abb. 3, Taf. XL). Doppelbänke erlauben zwar eine bessere Platzausnutzung, haben dagegen den Nachteil, dass die Fahrgäste teilweise rückwärts fahren und dass man sich durch Berührung des Rückens und Kopfes gegenseitig belästigt. Amerikanische Wagen haben hierbei wenigstens hochgeführte Lehnen, um letztgenanntem Übelstande zu begegnen.

Bei Wagen besserer Ausstattung, Direktions-, Salonwagen u. dergl. kann die Einteilung nach Abb. 1 bis 3, Taf. XLI getroffen werden.

Von Wagen aussergewöhnlicher Bauart sind schliesslich noch die Decksitzwagen zu nennen. Ihre Entstehung verdanken sie dem Verbote des Anhängewagenbetriebes oder der starken Vorliebe der Fahrgäste für frische Luft (z. B. in England). In Dublin, Leeds, Bristol, Kopenhagen u. a. O. sind solche Wagen im Betriebe (Taf. L). Wegen der hohen Schwerpunktslage bedürfen sie ziemlich starker Abfederung. Der Oberbau sollte immer mit Normalspur (1435 mm) und mit genügenden Schienenüberhöhungen in Gleiskrümmungen ausgeführt werden. Grosse Fahrgeschwindigkeiten sind bei diesen Fahrzeugen ausgeschlossen. Neben der

Unbequemlichkeit der Besteigung des Deckes haften diesen Wagen noch als Nachteil die Unbilden an, denen die Fahrgäste des Deckes bei schlechter Witterung und kalter Jahreszeit ausgesetzt sind. In Kopenhagen ist über den Decksitzen ein Dach gespannt, um die Fahrgäste wenigstens einigermassen vor Regen zu schützen. An den während der Pariser Weltausstellung nach und von Vincennes in Betrieb gesetzten zweiachsigen Triebwagen war der Deckraum ringsherum vollständig geschlossen. Die niedrige Ausführung der Sitzbänke und der Wagendecke gewährte jedoch keineswegs eine Annehmlichkeit.

Plattformen[1]. Die Plattformen, bei Pferdebahnen ursprünglich nur dem Führer eingeräumt, haben sich nach und nach zu Stehräumen ausgebildet und werden heute unter den Wagenplätzen wegen der frischen Luft und grösseren Zugänglichkeit stark bevorzugt, obgleich nur die Raucher auf dieselben angewiesen sind. Das Verhältnis der Grösse der Plattformen zu der des Sitzraumes hängt bei offenen Plattformen vor allem von der Eigenart der Bahn und den klimatischen Verhältnissen des Ortes ab. Auch sprechen hier noch etwaige Preisunterschiede der Plätze sowie der Einfluss stark beschwerter Plattformen auf die Ruhe des Ganges des Wagens und auf den Raddruck der Triebachsen mit. Zusammen-

Zusammenstellung V.

Bahnanlage	Mittlere Länge beider Plattformen zusammen / Lichte Länge des Sitzraumes	Wagen offen oder geschlossen	Plattform offen oder geschlossen	Wagenart
Grosse Berliner Strassenbahn (Taf. XLII)	1 / 1,85	geschlossen	offen	zweiachsig
Grosse Berliner Strassenbahn (Taf. XLV)	1 / 2,34	geschlossen	offen	vierachsig
Hamburg-Altonaer Centralbahn (Taf. XLIII)	1 / 2,22	geschlossen	offen	zweiachsig
Trambahn München (Taf. XLVI)	1 / 2,04	geschlossen	geschlossen	vierachsig
Strassenbahn Budapest	1 / 2,16	geschlossen	geschlossen	zweiachsig mit Lenkachsen
Strassenbahn Mailand (Taf. XLIV)	1 / 1,82	geschlossen	offen	zweiachsig
Paris, Cie. des tramways de l'Est-Parisien (Textabb. 54)	1 / 2,24	geschlossen	halboffen	mit Mittelplattform
Strassenbahn Madrid	1 / 2,20	geschlossen	geschlossen	zweiachsig
Strassenbahn Cairo (Textabb. 56)	1 / 5,3	offen	offen	zweiachsig mit Querbänken

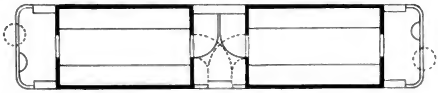
[1]) Siehe auch Führerstände.

stellung V giebt dieses Verhältnis für die Wagen einiger grosser Bahnen an, von denen eine sachliche Erwägung der einschlägigen Gesichtspunkte anzunehmen war[1]).

In dieser Zusammenstellung, die mehr als sonstige Betrachtungen Anhaltspunkte für die Wahl des fraglichen Verhältnisses giebt, ist letzteres durch das Verhältnis der Länge des gesamten Sitzraumes zu der Länge der beiden Plattformen zusammengenommen ausgedrückt. Es ergiebt sich, dass trotz der verschiedenen Zonenlagen der Orte das Verhältnis nicht sehr schwankt.

Die vollständige Trennung der Fahrgäste zweier Wagenklassen von einander ist durch Anordnung einer Mittelplattform (Textabb. 53) angestrebt worden. Da manchenorts das Besteigen der Wagen nur auf der hinteren Plattform erlaubt ist, müssen bei Endplattformen die Fahrgäste des vorderen Wagenabteiles das hintere Abteil durchschreiten. Vorausgesetzt, dass eine Mittelplattform

Abb. 53.

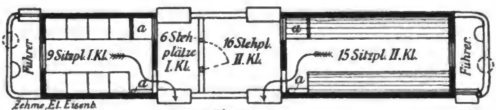


Triebwagen mit Mittelplattform. M. 1 : 100.

keine Stehplätze erhält, ist die Trennung zweier Wagenabteile durch sie allerdings erreicht, nicht aber, wenn sie für stehende Personen bestimmt ist und die Fahrgäste beider Abteile sich durch dieselben hindurchzwängen müssen. Textabb. 53 zeigt dies und ausserdem, dass durch eine derartige Einrichtung Platz verschwendet wird. Auch ist es bedenklich, die Seitenwände eines Wagens gerade an ihrem gefährlichen Querschnitte mit Eingängen zu durchbrechen.

Die bedeutendste Anwendung haben derartige Wagen bis heute in Paris gefunden. Textabb. 54 stellt einen Triebwagen der Compagnie des Tramways

Abb. 54.



a sind Klappsitze.

Triebwagen mit Mittelplattform der Cie. des Tramways de l'Est-Parisien. M. 1 : 100.

de l'Est-Parisien mit geräumiger, in 2 Klassen geteilter Mittelplattform dar, in welcher sich auch die Aufstiege für die zugehörigen Wagenabteile selbst befinden, wobei die Plattformen an den Wagenenden für den Wagenführer frei bleiben. Durch die getrennten Aufstiege an der Mittelplattform wird allerdings eine völlige Trennung der Fahrgäste beider Klassen herbeigeführt. Es ist dies jedoch ein Luxus, den sich nur verkehrsreiche Bahnen erlauben dürfen, da die Verlegung der Plattformen an die Wagenenden in jeder Beziehung zweckmässiger erscheint und höchstens den einen Nachteil bietet, dass die Fahrgäste der Witterung mehr ausgesetzt sind, welcher Übelstand sich übrigens

[1]) Dies ist nicht immer der Fall, da die beteiligten Behörden es oft an der wünschenswerten Teilnahme an diesen Arbeiten fehlen lassen und der Unternehmer sodann seine ihm geläufige Bauart anwendet.

durch Verglasung der Plattformen leicht aufheben lässt. Bei den von der Compagnie Générale Parisienne de Tramways auf der Linie St. Ouen—Champ de Mars in Betrieb gesetzten Wagen mit Mittelplattform wird diese Trennung der Fahrgäste überhaupt nicht herbeigeführt, da die Mittelplattform jederseits nur einen einzigen Zugang besitzt (s. Textabb. 53, untere Hälfte).

Der angestrebte Zweck wird jedenfalls einfacher dadurch erreicht, dass man den Zugang des vorderen Abteils auf der vorderen und des hinteren Abteils auf der hinteren Plattform errichtet, was leicht durchführbar ist, da die Besteigung eines Wagens nur an bestimmten Haltepunkten und während des Stillstandes erfolgen soll und, wie unzählige Betriebe beweisen, auch erfolgen kann.

Im Nachfolgenden seien einige ausgeführte Wagen als Beispiele für obengenannte Einteilung geschlossener und offener Wagen mit Längs- und Querbänken angeführt.

Beispiele für Strassenbahnwagen mit Längsbänken.

1. Zweiachsiger, geschlossener Triebwagen für Personenbeförderung der Grossen Berliner Strassenbahn-Ges. für Oberleitungsbetrieb (Taf. XLII). 20 Sitzplätze auf Längsbänken im Wageninnern, 6 Stehplätze auf der vorderen, 4 Stehplätze auf der hinteren, offenen Plattform. Durchgehender Lüftungsaufbau mit Drehfenstern. Die untereinander gleich grossen Seitenfenster sämtlich herablassbar und mit Jalousieaufzug. Die Anordnungen und Abmessungen am Wagen entsprechen den Berliner Mustern.

2. Zweiachsiger, geschlossener Triebwagen für Personenbeförderung der Hamburg-Altonaer Centralbahn-Ges. für Oberleitungsbetrieb. (Taf. XLIII), gebaut von Masch.-Akt.-Ges. Nürnberg und W. C. F. Busch, Bautzen. 20 Sitzplätze auf Längsbänken in 2 Abteilen (je 10 für Raucher und Nichtraucher), 10 Stehplätze auf den offenen Plattformen zusammen. Durchgehender Lüftungsaufbau auf dem Dache mit grossen drehbaren Stirnfenstern. Jederseits zwei grosse, nicht herablassbare Spiegelscheiben mit Schiebegardinen. Kopf- und Zwischenwände nebst Thüren reichlich mit Spiegelglas ausgestattet. Sitze abgegrenzt und mit Plüsch beschlagen. Diese von dem Direktor der Bahn G. Richter entworfenen Wagen zeichnen sich durch hohe Eleganz ihrer Bauart und Einrichtung aus und haben auf den Bau elektrischer Wagen grosser Bahnen einen merklichen Einfluss ausgeübt. Sie erfahren seitens der Öffentlichkeit eine starke Bevorzugung vor gleichlaufenden Linien, wodurch auch die vielerseits betonte Notwendigkeit herablassbarer Seitenfenster widerlegt wird. Die Plattformeingänge liegen dicht an den Kopfwänden, sodass im Gegensatze zu den Berliner Wagen der Zutritt zum Wageninnern freier ist.

3. Zweiachsiger, geschlossener Triebwagen für Personenbeförderung der Strassenbahn Mailand für Oberleitungsbetrieb (Taf. XLIV), gebaut von Miani, Silvestri & Co., Mailand. 19 Sitzplätze auf gepolsterten Längsbänken nebst 1 Stehplatz im Wageninnern, 20 Stehplätze auf den offenen Plattformen zusammen. Durchgehender Lüftungsaufbau mit Drehfenstern. Jederseits 6 gleich grosse, herablassbare Fenster mit Jalousieaufzug. Eine bei neueren, deutschen Wagen nachgeahmte Eigentümlichkeit dieser Wagen beruht auf der Anordnung der Wagenthüre in unmittelbarer Nähe des Plattformaufstieges, wodurch zwar ein Sitzplatz

verloren geht, der Zutritt zum Wagen aber noch leichter als bei dem Hamburger Wagen (s. u. 2.) erfolgt. Neben diesem Seitenaufstiege ist noch ein Kopfeingang vorhanden, der indessen auf deutschen Bahnen seiner Gefährlichkeit wegen nicht geduldet wird. Der einem Seitenaufstiege gegenüber liegende zweite Aufstieg ist an jeder Plattform fortgelassen, womit zwar ein Stehplatz gewonnen, dagegen die Möglichkeit hingegeben wird, den Wagen auch an der vorderen Plattform auf der dem Gegengleise abgekehrten Seite zu besteigen. Die Wagenthüre wird nach der dem Plattform-Eingange entgegengesetzten Seite aufgeschoben.

4. Vierachsiger Triebwagen für Personenbeförderung der Grossen Berliner Strassenbahn für gemischten Betrieb (Oberleitung und Speicher) (Taf. XLV). 28 Sitzplätze auf Längsbänken, 15 Stehplätze auf den offenen Plattformen zusammen. Durchgehender Lüftungsaufbau mit seitlichen Drehfenstern. An den Seitenwänden je 4 grosse, festeingesetzte und 1 schmaleres, herablassbares Fenster. Sonstige Ausführung nach Berliner Regel.

5. Vierachsiger Triebwagen für Personenbeförderung der Münchener Trambahn für Oberleitungsbetrieb (Taf. XLVI), gebaut von J. Rathgeber, München. 20 Sitzplätze auf Längsbänken und 2 Stehplätze im Wageninnern, 16 Stehplätze auf den mit verglasten Schutzwänden versehenen Plattformen zusammen. Durchgehender Lüftungsaufbau mit Drehfenstern. Jederseits 6 gleichgrosser, herablassbare Fenster mit Jalousieaufzug. Plattform- und Wageneingang wie beim Mailänder Wagen angeordnet (s. u. 3.).

Beispiele für Strassenbahnwagen mit Querbänken.

6. Zweiachsiger, geschlossener Durchgangs-Triebwagen für Personenbeförderung der Strassenbahn Lemberg (Taf. XLVII). 9 Sitzplätze II Kl., 6 Sitzplätze III. Kl. im Wageninnern, je 6 Sitz- und 10 Stehplätze auf den beiden offenen Plattformen. Durchgehender Lüftungsaufbau mit Drehfenstern. Der Wagen ist mit seiner Sitzanordnung, seinen Glasanbauten an den Plattformseiten, seinen Plattformsitzen und seiner allgemeinen Ausstattung bezeichnend für die meisten Triebwagen Oesterreich-Ungarns.

7. Zweiachsiger, offener Triebwagen für Personenbeförderung der Strassenbahn Cairo (Textabb. 55). 40 Sitzplätze auf 10 mit den Rücken aneinander gesetzten Querbänken. 6 Stehplätze auf den offenen Plattformen zusammen. Aufstieg mit einem durchlaufenden Trittbrette an den beiden Längsseiten des Wagens. Die Felder zwischen den Seitensäulen der beiden, für die Frauen durch Querwände abgesonderten, Abteile sind bis auf die Einsteigöffnungen durch Jalousiewände geschlossen, wodurch zugleich die Seitenwände des ganzen Wagens versteift werden.

Der Wagenfussboden, welcher bei geschlossenen Wagen und den üblichen Motorgrössen selten unter 800 mm über S.O. liegt, ist hier zu Gunsten der Zahl und Höhe der seitlichen Aufsteigstufen und auf Kosten des zwischen U. K. Wagenfussboden und O. K. Motor für die Wagen- und Motorfederung vorzusehenden Raumes auf 760 mm herabgedrückt. Die Räder ragen etwas in den Zwischenraum der Bänke hinein.

Eine weitere Verminderung der Fussbodenhöhe ist in Textabb. 56 und 57 dadurch erzielt worden, dass die Triebräder bezw. Drehgestellrahmen unter je

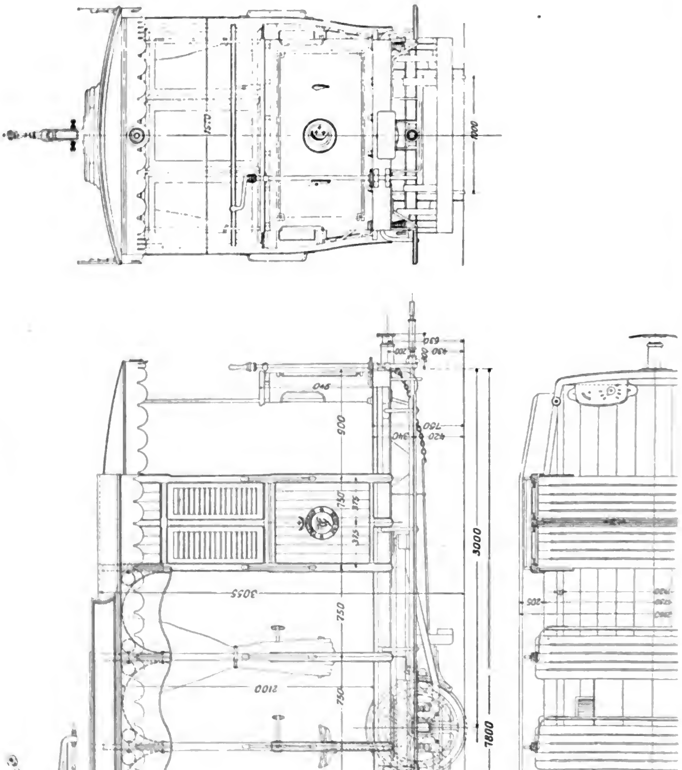
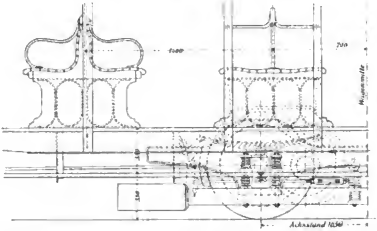


Abb. 55.

eine Doppelbank gerückt werden, wo ihr über den Wagenfussboden herausragender Teil nicht mehr im Wege liegt. In Textabb. 58 ist die äussere Aufsteigkante des Fussbodens etwas tiefer gelegt als der die Motoren weiter nach der Wagenmitte hin mit dem nötigen Zwischenraume überdeckende Teil aus 5 mm starkem Bleche, wodurch jederseits nach aussen geneigte Ebenen entstehen. Dieser Ausweg steht bei Wagen mit einzelnen, gleichgerichteten Bänken offen. Die bei diesem Wagen über die Aussenkanten der Fusstritte gemessene Breite von 2240 mm liesse sich durch Verminderung der Fussbodenbreite wie in Textabb. 57 auf 2100 mm bringen.

Abb. 56.



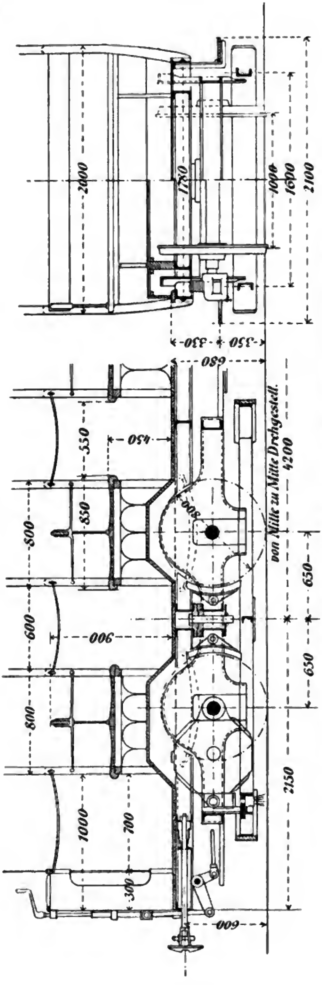
Anordnung des Wagenfussbodens über den Motoren und Rädern bei offenen Triebwagen.
Bauart der Masch.-Akt.-Ges. Nürnberg. M. 1 : 30.

Bei den durch die Höhe sehr grosser Motoren bedingten, hohen Fussbodenlagen kann man sich unter Beibehaltung seitlicher Aufsteigtritte nur durch Einschaltung weiterer Zwischenstufen helfen. Dies ist bei dem nachfolgend angeführten Wagen der Fall.

8. Zweiachsiger, offener Triebwagen für Personenbeförderung der Strassenbahn Linz-Pöstlingsberg (Taf. XLVIII), gebaut von J. Weitzer, Graz. 840 ganze Fussbodenhöhe, zwei an den Wagenseiten hinlaufende Trittbretter und drei einander gleich grosse Auftritte von je 280 mm Tritthöhe. Während die Fussbodenbreite nur 1754 mm beträgt, ist die Breite über die Aussenkanten der untersten Trittstufen auf 2300 angewachsen. Dieses Verhältnis der noch zulässigen, äusseren Wagenbreite, gemessen über die untersten Trittstufen, zu der nutzbaren Fussbodenbreite fällt für letztere hier also nicht sehr günstig aus. Der Wagen enthält 24 Sitzplätze auf 6 Querbänken und 10 Stehplätze auf den offenen Plattformen zusammen. Die letzteren sind von dem Mittelraume durch zwei feste, mit Fenstern versehene Querwände abgesondert, an die sich 2 feste Bänke anlehnen. Die übrigen Bänke haben drehbare Rückenlehnen, lassen sich also immer nach vorn richten. Diese Sitzanordnung ist derjenigen in Textabb. 55 vorzuziehen, da bei Doppelbänken die Fahrgäste einander mit den Kopfbedeckungen berühren. Auch sind die Zwischenwände vor der Plattform sehr zweckmässig, weil sie dem Wagen eine gute Quersteifigkeit geben, die stark besetzten Plattformen von den Sitzbänken gänzlich trennen und den Sitzraum vor Zugluft einigermassen schützen.

Noch ungünstiger gestaltet sich das Verhältnis zwischen der Aussenbreite des Wagens und der nutzbaren Wagenbreite bei dem vierachsigen, offenen Triebwagen für Personenbeförderung der Lokalbahn New-York—New-

Abb. 57.



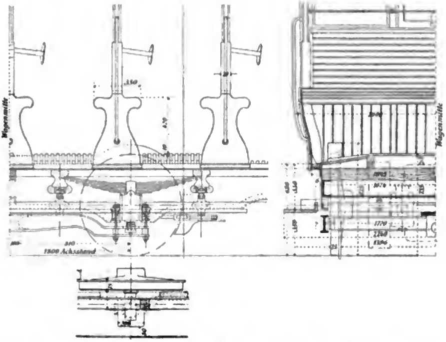
Anordnung des Wagenfussbodens über den Motoren und Rädern bei offenen Drehgestell-Triebwagen.
Bauart der Maschinenb.-Akt.-Ges. Nürnberg. M. 1 : 30.

Haven and Hartford Ry. (Nantasket Beach) (Textabb. 59). Von der ganzen äusseren Wagenbreite werden hier nur 72% für Sitzplätze ausgenutzt, sodass es weit vorteilhafter gewesen wäre, die einmal festgesetzte Aussenbreite bis auf den Sitzraum auszudehnen und den derart gewonnenen Streifen zu einem durchgehenden Längsgange auszubilden. Alsdann können die Seitenwände soweit hinaufgezogen werden, dass ein Herabstürzen der Fahrgäste an den Längsseiten nicht mehr eintreten kann. Darin besteht bei allen offenen Triebwagen eine Gefahr, sodass in vielen Städten die seitlichen Ausgänge nicht mehr zugelassen und dafür Plattformeingänge und halbhohe, vergitterte oder feste Seitenwände verlangt werden. Wenigstens empfiehlt es sich, die eine dem Gegengleise zugekehrte Längsseite mit einer durchgehenden Kette oder Latte oder mit Einzelthüren dauernd abzuschliessen (Taf. XLVIII).

In Taf. L und Taf. LI sind derartige Bauarten von offenen Wagen mit Längsgang veranschaulicht. Der bei den Wagen nach Taf. XLVIII und Textabb. 59 betreffs des Ein- und Aussteigens bestehende Vorteil gegenüber vorliegender Bauart wiegt die mit den seitlichen, offenen Aufsteigtritten verbundenen Gefahren nicht auf.

9. Zweiachsiger, geschlossener Decksitz-Triebwagen für Personenbeförderung der Strassenbahn Leeds in England (Taf. XLIX). 18 Sitzplätze

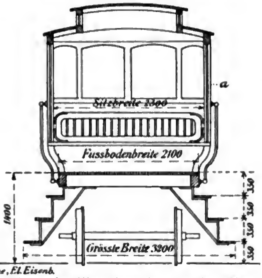
Abb. 58.



Anordnung des Wagenfussbodens über den Motoren und Rädern bei offenen Triebwagen.
Bauart Miani, Silvestri & Co., Mailand. M. 1 : 30.

im Wageninnern auf Längsbänken, 30 desgleichen auf Querbänken des Deckes, 5 bis 7 Stehplätze auf der hinteren, offenen Plattform. In der Länge und Breite über das ganze Dach hinlaufender Lüftungsaufbau mit Schiebfenstern. Jederseits vier einander gleich grosse, herablassbare Fenster. Je ein breiter Aufstieg an den Plattformen. Eigentümlich ist die Form des Lüftungsaufbaues, dessen Dachspriegel mit denen des Hauptdaches aus einem Stücke bestehen.

Abb. 59.



Anordnung des Wagenfussbodens bei den offenen Triebwagen der N. Y., N. H. & H. Rd. M. 2 : 125

a. β. Die Anhängewagen der Strassenbahnen für Personenbeförderung.

Allgemeines. Die Anhängewagen finden bei Strassenbahnen heute noch nicht eine allgemeine Verwendung. In den Ländern, wo ihr Betrieb noch nicht zugelassen oder aus anderen Gründen nicht für vorteilhaft erachtet wird, behilft man sich mit grösserer Zugdichte, sowie mit vierachsigen oder Decksitz-Wagen. Der in der Fähigkeit, sich dem jeweiligen Verkehrsandrange anzuschmiegen, bestehende Vorteil des Anhängewagenbetriebes, auf welchen

schon oben hingewiesen wurde (s. S. 5), tritt indes so deutlich zu Tage und es lassen sich die gegen ihn vorgebrachten Einwände so wenig aufrecht halten, dass dieser Betrieb in kurzer Zeit wohl zum Gemeingut werden dürfte. Man hat sich sogar schon mit der Frage der Anzahl der einem Triebwagen anzuhängenden Beiwagen beschäftigt[1]), ist dabei aber zu der Einsicht gekommen, dass sich hierüber eine für alle Städte geltende Regel nicht aufstellen lässt. Bei sehr kleiner Zugfolge ($1^1/_2$ und 2 Minuten-Betrieb) ist es ratsam, eine weitere Verstärkung des Betriebes durch Vergrösserung des Zuges d. h. Anhängen von Beiwagen herbeizuführen, weil damit weniger eine Vermehrung der Gefahren und Ausgaben verbunden ist als mit Vergrösserung der Zugdichte. Bei vorübergehendem Verkehrsandrange z. B. zur Mittags- und Abendzeit ist die Vergrösserung des Zuges gleichfalls ratsam und auf eingleisigen Bahnen überhaupt nur glatt durchführbar. Die Bremsfähigkeit eines Zuges ist mit Rücksicht auf die durchgehenden Bremsen[2]) derjenigen des einzelnen Triebwagens gleich und kann daher nicht gegen Anhängewagen-Betrieb sprechen.

Bauart. Die Anhängewagen sind in ihrer Bauart den Triebwagen gleich; ihre Ausführung ist dagegen des geringeren Gewichtes und der geringeren Beanspruchung wegen leichter gehalten. Da der Fussboden tiefer gelegt werden kann, als bei Triebwagen, erhalten die Anhängewagen auch eine kleinere Bauhöhe als jene. Das Untergestell wird hier im Gegensatze zu der bei Triebwagen noch vielfach üblichen Ausführungsweise (s. S. 6) mit dem unteren Kastenrahmen stets als ein Ganzes hergestellt. Es empfiehlt sich trotz des einem gezogenen Wagen im Allgemeinen eigentümlichen, ruhigen Laufes auch hier, nur Blattfedern anzuwenden. Freie Lenkachsen[3]) haben sich bei Anhängewagen überall gut bewährt (s. S. 23). Sie ermöglichen grossen Achsstand d. h. grosse Wagenkasten und grossen Fassungsraum bei geringem Eigengewichte des Wagens. Im Übrigen sei bezüglich der Einzelteile des Untergestelles auf das bei den Untergestellen der Triebwagen Gesagte verwiesen.

Beispiele von Anhängewagen für Strassenbahnen.

1. Zweiachsiger, geschlossener Durchgangs-Anhängewagen für Personenbeförderung der Hamburg-Altonaer Centralbahn (Taf. L), entworfen von Direktor G. Richter, gebaut von der Maschinenbau-Akt.-Ges. Nürnberg. 18 Sitzplätze auf von einem Längsgange im Verhältnisse 2:1 durchschnittenen Doppel-Querbänken, 10 Stehplätze auf den offenen Plattformen zusammen. Durchgehender Lüftungsaufbau mit drehbaren Fenstern. Der zwischen den Sitzbänken befindliche Teil der Seitenwände kann in der heissen Jahreszeit herausgenommen und dann mit einem gelochten Bleche abgeschlossen werden. Die Sitzbänke sind mit bronzenen Armlehnen gegen den Seitengang hin versehen, was zum Freihalten des Ganges zwar vorteilhaft ist, dagegen wegen der geringen Wagenbreite und der daraus sich ergebenden geringen Sitzbreite sich hier nicht empfiehlt.

2. Zweiachsiger, offener Durchgangs-Anhängewagen für Personenbeförderung der Strassenbahn Darmstadt (Taf. LI), gebaut von Gebr.

[1]) Internationaler Permanenter Strassenbahn-Verein, Generalversammlung Stockholm 1896.

[2]) Siehe S. 50 und 67.

[3]) S. Traction and Transmission (Engineering, London), 1901 Heft 1.

Gastell, Mombach bei Mainz. 20 Sitzplätze auf Längsbänken, 16 Stehplätze auf den offenen Plattformen. Der Wagen ist nur an der oberen Hälfte offen. Freie, mit Blattfedern gefederte Lenkachsen (s. S. 23) bei 3200 mm Achsstand.

3. Verschiedene zweiachsige, offene Anhängewagen mit seitlichen Aufstiegen sind auf Taf. XL dargestellt.

Weitere Anordnungen von Anhängewagen lassen sich an Hand der Beispiele von Triebwagen mühelos entwerfen.

a. γ. Personenwagen mit Gepäckabteil für Strassenbahnen.

Bei den innerhalb der Städte verkehrenden Strassenbahnen ist nur die Mit, nahme von kleinen Gepäckstücken höchstens auf den vorderen, als Eingänge zum Wageninnern weniger benutzten Plattformen zulässig. Einen Unterschied hiergegen bilden die Strassenbahnen, welche entlegene Orte mit den Bahnhöfen bestehender Haupt- oder Kleinbahnen oder mit grösseren Städten verbinden, d. h. die Überlandbahnen. Bei diesen reichen auch über den Bänken angebrachte Gepäcknetze nicht immer aus, sodass ein besonderes Gepäckabteil eingerichtet werden muss dessen Benutzung den Fahrgästen oder auch Güterbeförderungsanstalten u. s. w. gegen besondere Bezahlung freisteht. In den Vereinigten Staaten Nord-Amerikas wird auch die Gepäckpost derartigen Überlandbahnen anvertraut, welches Beispiel bei uns hier und da Nachahmung gefunden hat.

Taf. LII stellt einen mit Gepäckabteil für Stückgüter versehenen Personenwagen mit Lenkachsen (Taf. XXI) der Strassenbahn Hannover dar, dessen Inneres ganz oder teilweise zur Güter- oder Personenbeförderung eingerichtet werden kann. Der Zugang zu beiden Abteilen erfolgt von den offenen Plattformen aus, die gleichzeitig als Führerstände dienen. Das Gepäckabteil besitzt ausserdem an beiden Längsseiten je eine zweiflügelige Thüre.

Andere Anordnungen von Gepäckabteilen in Personenwagen werden durch Taf. LXIV gezeigt.

a. δ. Güterwagen für Strassenbahnen.

Allgemeines. Für reinen Güterbetrieb grösseren Umfanges sind die in Personenwagen unterzubringenden Gepäckabteile nicht mehr hinreichend, abgesehen davon, dass gleichzeitige Personen- und Güterbeförderung in allen Zügen überhaupt nicht immer im Vorteile einer Bahnanlage liegen mag. Die Güterbeförderung auf Strassenbahnen befindet sich noch im Anfangsalter, muss jedoch auf Grund vorliegender Erfahrungen als ausserordentlich einflussreich für die Wirtschaftlichkeit bezeichnet werden. So umfasst z. B. der Güterverkehr auf der Strassenbahn Hannover heute ein in die Vororte mit 3 Strahlen von je 30 km Länge eindringendes Bahnnetz und einen Wagenpark von etwa 250 Güterwagen für Schienen- und Landwege und 50 offenen Güterwagen, wozu neuerdings noch Wagen für besondere Zwecke (Viehwagen u. s. w.) kommen. Die Züge bestehen aus Triebwagen (Lokomotiven) und 2 bis 6 Güterwagen. Letztere besitzen sämtlich freie Lenkachsen (s. Taf. XXI und S. 23) und daher grossen Fassungsraum. Der Gütertarif ist nicht höher als auf den nebenher laufenden Staatsbahnen. Die Einnahmen eines Güterzugkilometers betragen in Hannover etwa das Zweifache des Personenzugkilo-

meters. Der wirtschaftliche Einfluss des Güterverkehrs lässt sich bei dieser Anlage, die zufolge der kostspieligen Speicherfahrzeuge für Personenverkehr und der verhältnismässig geringen Grösse des letzteren selbst nur einen mässigen Nutzen aufwies, unzweifelhaft nachweisen.

Ausser Hannover besitzen u. a. Aachen, Gera, Braunschweig, Graz, Teplitz, Mailand und die Bergischen Kleinbahnen Güterbetriebe. Ihre Betriebsmittel sind für die nachstehend behandelten Fahrzeuge massgebend gewesen. Ob sie sich in dieser Gestalt beibehalten lassen, muss die Erfahrung lehren. Es wird an ihrer Ausbildung seitens namhafter Strassenbahnverwaltungen eifrig gearbeitet. In vielen Fällen werden die Güterwagen als Anhängewagen von Triebwagen gezogen. Auch dienen elektrische Lokomotiven dazu; seltener sind die Güterwagen mit eigenem, elektrischem Antriebe versehen.

Die Beförderung umfasst hauptsächlich Baugüter, Industrieerzeugnisse, Stückgüter, Kohlen, Kehricht, Fäkalien, Leichen und landwirtschaftliche Güter. Zum Betriebe werden bei stark betriebenen Bahnen innerhalb der Städte die ausserhalb des Personenverkehrs liegenden Stunden herangezogen, da diese eine freie Bewegung in den Verschiebungen der Güterwagen ermöglichen und besondere Gütergleise neben dem Personengleise entbehrlich machen. Bei schwachem Personenverkehre liegt es, unter der Voraussetzung der Möglichkeit der Vermengung beider Betriebe, in dem Verhalten der Behörde, ob sie den Güterverkehr tagsüber auf dem Stadtgleise zulässt.

Beispiele von Güterwagen für Strassenbahnen.

Für Kohlenbeförderung dient in Teplitz der in Abb. 1, Taf. LIII dargestellte Wagen. Derselbe, gebaut von Joh. Weitzer, Graz, ist mit Spindelbremse ausgestattet und besitzt abnehmbare Seitenwände, sodass er nach Anbringung eines Drehschemels zur Beförderung von Langholz dienen kann. Die Ladefläche des Wagens beträgt 7,6 qm, der Laderaum 6,08 cbm, die Tragkraft 5 t. Derartige Wagen eignen sich auch zur Kohlenbeförderung vom Bahnhofe zu den Stromerzeugungsstellen der Bahnanlagen.

In Abb. 2, Taf. LIII ist ein Lastwagen für Kies- und Steinbeförderung der Strassenbahn Hannover veranschaulicht. Gebaut von Van der Zypen & Charlier, Deutz. Seine Bodenfläche beträgt 11,567 qm, der Laderaum 5,78 cbm, seine Tragfähigkeit 10 t, das Eigengewicht 4,5 t. Die grosse Aufnahmefähigkeit des Wagens wurde durch einen grossen Achsstand und dieser wiederum durch Lenkachsen (s. S. 23) ermöglicht.

Einen Triebwagen für Leichenbeförderung zeigt Taf. LIV. Gebaut von der Maschinenb.-Akt.-Ges. Nürnberg. Derselbe ist zur Aufnahme von 2 Särgen eingerichtet und besitzt ein Abteil für Leidtragende. Ausser dieser Bauart sind bei der Strassenbahn Mailand noch andere in Anwendung gekommen, die sich von einander durch Grösse und Einteilung sowie der Ausstattung der Wagen unterscheiden und mehr oder weniger grosse Abteile für Leidtragende besitzen.

Zur Überführung des Reisegepäckes von den Bahnhöfen der Hauptbahnen zu den mit letzteren durch elektrische Strassen- oder Überlandbahnen ver-

bundenen Nachbarorten, Bädern u. s. w. kann der in Abb. 1, Taf. LV dargestellte Güterwagen leichter Bauart dienen, welcher von der Maschinenbau-Akt.-Ges. Nürnberg für die Strassenbahn St. Moritz gebaut worden ist. Den Regenschutz bildet ein längs über den Wagen satteldachartig gespanntes Segeltuch. Der Wagen besitzt wegen der starken Steigungen eine Keilschuhbremse und ist ausser mit einer Kuppelung noch mit Doppelkette an den Triebwagen gekuppelt (S. 71).

Ein Güterwagen für Sonderzwecke und zwar für Abfuhr von Schlamm wird in Abb. 2, Taf. LVIII dargestellt. Derselbe ist von Arthur Koppel, Berlin gebaut und bei der Aachener Kleinbahn im Betriebe.

Güterwagen für Land- und Schienenwege.

Die vorstehend angeführten Fahrzeuge sind zur ausschliesslichen Beförderung auf Gleisen bestimmt. Um nun auch unter Vermeidung besonderer Anschlussgleise ausserhalb der Bahnlinie aufzunehmende Güter z. B. Erzeugnisse oder Bedürfnisse der Landwirtschaft in den Güterbetrieb hereinzuziehen, haben W. Jürges in Deutz-Köln und Th. Krüger in Hannover ein Fahrzeug entworfen (1897), das sowohl auf Gleisen als auch auf dem Erdboden rollen kann. Abb. 2, Taf. LV zeigt einen der u. A. auf der Strassenbahn Hannover im Betriebe befindlichen Wagen für Land- und Schienenwege. Bei der Fahrt auf Gleisen wird neben der Hauptachse, auf welcher breite, hölzerne Räder sitzen, je eine Führungsachse mit kleineren, eisernen Rädern mit Spurkränzen mittels eines Windwerkes herabgelassen und leicht belastet, sodass die Hauptlast den vier grossen Rädern verbleibt. Diese Wagen haben 2,3 t Eigengewicht, 5 t Tragfähigkeit und können auf Strassen von zwei Pferden gezogen werden.

Die den gleichen Zwecken dienenden, mit vier platten Laufrädern und an den Enden mit einem abhebbaren Spurrade versehenen Güterwagen der Strassenbahn Gera hat man wegen der häufigen Entgleisungen wieder verlassen.

Beförderung normalspuriger Güterwagen auf Schmalspurgleisen.

Sollen normalspurige Güterwagen auf Strassenbahnen gleicher Spurweite übergehen, so sind die Zug- und Stossvorrichtungen beider Bahnen einander anzupassen. Auch die Gleise der einen oder anderen Bahn bedürfen besonderer Ausbildung [1], und die Umgrenzungsprofile der Betriebsmittel sind entsprechend zu halten. Derartige Einrichtungen, bei denen Güterwagen der Dampf-Hauptbahnen auf Strassenbahnen übergehen, bestehen u. a. in Nürnberg und Brünn.

Wo die erforderlichen Bedingungen hinsichtlich der Gleise und des Betriebes nicht erfüllt werden können, bedient man sich sogenannter Rollböcke, auf welche die Güterwagen aufgefahren werden. Abb. 1, Taf. LVI stellt einen selbstthätig auf- und abladenden Rollbock von van der Zypen & Charlier, Deutz-Köln dar. Der zu verladende Güterwagen wird über eine Grube gefahren, in welche zwei Rollböcke hinabgelassen werden; dieselben werden genau unter die Wagenachsen gestellt. Mittels der hiernach in den Drehschemel a des Rollbockes eingesetzten Mitnehmer d werden die Rollböcke durch den von einem Triebwagen oder einer Lokomotive fortgezogenen Güterwagen

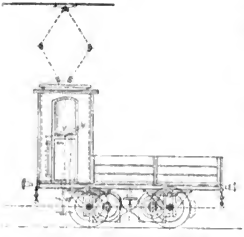
[1] Siehe Besondere Ausführungen von Strassenbahngleisen, Bd. II.

mitgenommen, wobei sie die Grubensteigung hinauflaufen und die Gabeln b sich unter die Wagenachsen schieben. Oben angelangt umgreifen die Rollböcke mit den Gabeln b völlig die Wagenachsen des Güterwagens, sodass der Betrieb vor sich gehen kann. Es ist darauf zu achten, dass die Gabeln b in der Höhe verstellbar sind, sodass der Rollbock unter den Wagen fahren kann, ohne dass an letzterem die Bremse abgenommen zu werden braucht. Die Grube so lang d. h. mit so grossem Endgefälle auszuführen, dass die in der Höhe nicht verstellbaren Gabeln unter den Bremsteilen des Wagens hinweggingen, würde zu Raum- und Kostenverschwendung führen. Das Gewicht der beiden Rollböcke zusammen beträgt etwa 2500 kg.

Eine andere Ausführungsform von Rollböcken zeigt Abb. 2, Taf. LVI, bei welcher die letzteren als Drehgestelle unter einen Plattformwagen gebaut werden. Die Verladung des Güterwagens erfolgt nach der in der Abbildung dargestellten Weise, wobei die Bremse gleichfalls nicht abgenommen zu werden braucht und der Wagen mit Keilschuhen auf der Plattform gesichert wird.

Eine eigenartige Ausbildung hat Arthur Koppel, Berlin den Verladungswagen letztgenannter Art gegeben, durch welche dieselben geeignet werden, auch gewöhnliches Strassenfuhrwerk aufzunehmen und auf Schienenwegen weiterzubefördern. Sie unterscheiden sich von den Hannoverschen Wagen (Abb. 2, Taf. LV) dadurch, dass allerdings ein besonderes Fahrzeug für das Fuhrwerk erforderlich wird, letzteres aber keiner Veränderung oder gar besonderen Ausbildung mehr bedarf. Taf. LVII stellt einen bei der Strassenbahn Braunschweig im Betriebe befindlichen Koppelschen Unterwagen von 6 t Tragfähigkeit mit aufgefahrenem Fuhrwerke dar. Dieser Hilfswagen wird am Anschlusspunkte der Strassenbahn aufgestellt, woselbst das Fuhrwerk auf ihn über herablassbare Auflaufbalken a mittels einer Winde b hinaufgezogen wird. In Abb. 1, Taf. LVIII wird ein ähnlicher, für zwei Wagen eingerichteter Unterwagen der Aachener Kleinbahn von Arthur Koppel, Berlin veranschaulicht.

Abb. 60.



Triebwagen für Güterbeförderung. M. 1 : 100.

Die Abhebbarkeit des Wagenkastens allein von einem Strassenfuhrwerke auf ein Triebwagenuntergestell dürfte schwer durchführbar sein, da zu diesem Zwecke das Fuhrwerk eine besondere Bauart erhalten müsste und eine umständliche Vorrichtung an den Umladestellen erforderlich wäre.

Triebwagen für Güteraufnahme sind, wie oben schon bemerkt, selten. Man findet sie meist nur bei selbständigen Industriebahnen, wo sie aus der Verschmelzung der Lokomotiven mit den Lastwagen entstanden sind. Textabb. 60[1]) zeigt ein solches Fahrzeug, welches, zwecks Erlangung des erforderlichen Reibungsgewichtes genügend beladen, auch als Lokomotive zur Beförderung weiterer, reiner Güterwagen dienen kann.

[1]) S. Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. I, S. 688, Abb. 1010.

a. ε. Strassenbahn-Wagen für besondere Zwecke.

ε. 1. Sprengwagen.

Den berechtigten Klagen über den durch schnellfahrende Wagen der Strassenbahnen aufgewirbelten Staub begegnet man in den Vereinigten Staaten vielfach durch Sprengwagen, welche, durch Triebwagen gezogen, in bestimmten Zeitabständen die Strecke durchfahren. Bei europäischen Bahnen übernehmen meistens die Stadtverwaltungen die Strassenbesprengung, wobei die Kostentragung den zwischen ihnen und der Bahngesellschaft getroffenen Abmachungen entspricht.

Die hinreichende Besprengung ausgedehnter Vorortslinien, insbesondere wenn dieselben den öffentlichen Staatsstrassen folgen, ist indessen äusserst kostspielig und wird deshalb meist unterlassen. Es empfiehlt sich hier, von offenen Wagen abzusehen[1]), so sehr auch aus anderen Gründen deren Indienstnahme auf solchen Linien geboten wäre.

Die Sprengwagen werden in der Regel von einem Triebwagen gezogen. Die Verteilung des Wassers über den Bahndamm erfolgt entweder durch kleine Turbinen oder besser durch quer zur Bahnachse gestellte und nach hinten gelochte Rohre, deren Ausladung nach beiden Seiten veränderlich ist. Taf. LIX veranschaulicht einen elektrisch angetriebenen Sprengwagen der Taunton Locomotive Mfg. Co., Taunton Mass. (V. S. A.), welcher 6 cbm. Wasser fasst und mit doppeltem Führerstande versehen ist. Der Antrieb erfolgt durch 4 Motoren.

ε. 2. Schneefegewagen, Schneepflüge.

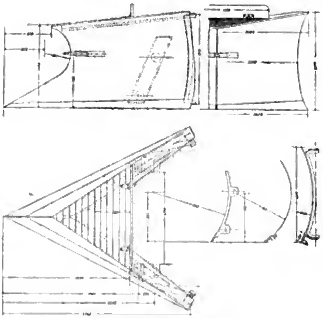
Die Säuberung der Gleise von Schnee wird in Europa stellenweise ebenfalls den Stadtverwaltungen überlassen; es empfiehlt sich aber für die Bahnverwaltungen, dieselbe zwecks Vermeidung der bei starken Schneefällen insbesondere in den ersten Morgenstunden durch ungenügende oder mangelhafte Gleisreinigung verursachten, stets übel empfundenen Betriebsstörungen selbst in die Hand zu nehmen, wobei darauf zu dringen ist, dass die Behörde den übrigen Teil der Strasse rechtzeitig reinigt, damit der Schnee von dem Fuhrwerke nicht wieder in die Gleise gebracht wird.

Die Grösse und Bauart des Schneefegewagens richtet sich nach der Art des Betriebes. Soll der Wagen morgens den Schneefall einer ganzen Nacht fortschaffen, so muss er erheblich stärker und schwerer gebaut werden, als wenn er während der Nacht mit einigen Fahrten die jeweils fallenden Schneeschichten beseitigen soll. Es bedarf zu der letztgenannten Art der Schneeräumung keiner besonderen Wagen, da die bis zu 10 cm anwachsenden Schneeschichten von den kielförmigen Bahnräumern der gewöhnlichen Triebwagen fortgeschoben werden können. Dieser, beispielsweise bei der Hamburg-Altonaer Centralbahn eingeführte, Betrieb lässt Betriebsstörungen nicht aufkommen; dagegen erfordert er ständigen Stationsbetrieb oder Entnahme des Stromes aus Beleuchtungsanlagen oder Bufferspeichern. Speicherbetrieb empfiehlt sich bei Schneepflügen nicht. Die Räumer der Triebwagen müssen in der Höhe über S.O. verstellbar, wenigstens 250 mm hoch und stark kielartig ausgebildet sein. Während des Schneefegens sind hinter dem Räumer in besonderen Spangen Schienenbesen anzubringen, welche die oft unterhalb des Dammprofiles liegenden Schienen von den Resten des Schnees befreien.

[1]) Siehe auch S. 76.

Für grössere Schneeschichten eignen sich besondere Schneefegewagen, welche von einem Triebwagen gestossen werden. Bei diesen, sowie bei den für hohen Schneefall erforderlichen Schneeräumern mit eigenem Antriebe kommt es vor Allem auf die Form der Schneeschaufeln selbst an. Textabb. 61 stellt die von der Taunton Loc. Mfg. Co., Taunton Mass. angegebene Bauart einer Schneeschaufel dar[1]). Die Schneeschaufeln sollen den Schnee nach der Zerteilung der Schneedecke derart heben, dass er ohne örtliche Ballungen glatt emporgleitet und ausserhalb der Fahrbahn niederfällt.

Abb. 61.



Schneeschaufel. M. 1 : 60.

Selbständige Schneeräumer mit elektrischem Antriebe für Kleinbahnen werden hauptsächlich in den Vereinigten Staaten N.-A. gebaut, wo sich ihre Ausbildung aus den örtlichen Verhältnissen ergeben hat. Taf. LX zeigt die Grundform eines derartigen Schneepfluges. Die an beiden Stirnseiten angebrachten, in der Höhe verstellbaren Schneeschaufeln können jeweils an der Vorderseite durch seitliche, in Drehgliedern bewegliche Flügel a verlängert werden, welche auf der hinteren Wagenseite zurückgelegt werden, damit der seitlich niederfallende Schnee nicht wieder in die Fahrbahn zurückgeschoben werde. Das Untergestell bedarf einer besonders schweren, gut versteiften Ausführung. Die Motoren sollen die mässig gefederten Radachsen mittels doppelter Zahnradübersetzung antreiben. Der Führerstand ist zum Schutze gegen die Witterung stets zu überdachen. Ausser den üblichen elektrischen Schalteinrichtungen kann zweckmässig auch noch ein zweiseitiger Salzstreuer angeordnet werden.

Taf. LXI stellt einen ähnlichen, gleichfalls von der Taunton Locomotive Mfg. Co., Taunton Mass. gebauten Schneepflug dar, bei welchem jedoch nur eine einzige, schräg zur Fahrtrichtung gestellte Schaufel vorhanden ist. Die Verwendung dieser Bauart erfolgt auf zweigleisigen Strecken, wobei der Schnee auf die Aussenseiten der Bahnkrone geschoben wird. Auch bei diesem Schneepfluge kann die jeweils vordere Schaufel durch einen in Drehgliedern beweglichen Flügel a nach der Aussenseite der Bahnkrone hin verbreitert werden.

Zur Beseitigung der nach der Befahrung der Strecke mit Schneepflügen noch verbleibenden, dünnen Schneeschichten sind manchenorts Schneekehrmaschinen in Gebrauch. Dieselben lassen sich auch als Strassenkehrmaschinen verwenden. Taf. LXII stellt einen solchen, von der Taunton Loc. Mfg. Co., Taunton Mass. gebauten Wagen dar, bei welchem die Walzen durch eine aus Handrad, Schnecke, Kettentrommel und Kette bestehende Vorrichtung in Gleitbahnen auf- und

[1]) Vgl. auch Die Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. I, S. 649.

abschiebbar sind und durch einen gemeinsamen, im Wagenkasten untergebrachten Motor in Drehung versetzt werden. Zur weiteren Fortschaffung der fortgekehrten Massen können seitlich Flügel a eingestellt werden. Hinter den Walzen sind Salzstreuer angeordnet.

Für sehr tiefe Schneeschichten haben sich indessen auch die Schneeschieber nicht mehr bewährt. Hier leistet allein der mit umlaufenden Schaufeln (Turbinen) versehene Schneeräumer gute Dienste. Solche Wagen sind insbesondere auf langen Vorortslinien zu verwenden, da diese Linien oft Schneeverwehungen ausgesetzt sind und zu ihrer mehrmaligen, während des Schneefalles erfolgenden Befahrung ein grösserer Zeitaufwand erforderlich wäre.

ε. 3. Salzstreuer.

Zur Beseitigung der hinter den Schneepflügen auf den Gleisen zurückbleibenden, dünnen Schneeschichten, sowie gegen die Vereisung der Gleise wird heute noch vielfach vom Salzstreuen Gebrauch gemacht, wodurch man zugleich die auf mit Salz bestreute Gleise nachfallenden Schneemassen bis zu einem gewissen Grade zum Schmelzen bringt. Wie lange sich dieses Mittel des Salzstreuens noch halten wird, muss die Zeit lehren. Es ist von vornherein nur dort wirtschaftlich anwendbar, wo die Salzpreise (z. B. in Deutschland Mk. 1,25 bis Mk. 1,50, in Oberitalien dagegen 4,50 bis 5,00 Fcs. für 100 Ko. denaturierten Salzes) es zulassen; im andern Falle ist das allgemeine Salzstreuen auf das äusserste Mass zu beschränken; vor Allem müssen die Weichen bedacht werden. Die Nachteile des Salzstreuens bestehen in der Hinterlassung einer dem Strassenverkehre höchst lästigen, schmutzigen und überdies bei denaturiertem Salze ätzenden Flüssigkeit. Letztere gereicht auch dem Wagenuntergestelle, den Motoren, Kabelleitungen und allgemeinen elektrischen Einrichtungen, die Schienenverbindungen nicht ausgeschlossen, sehr zum Schaden[1]).

Unter allen Umständen soll danach gestrebt werden, mit mechanischen Hilfsmitteln, d. h. fahrenden oder mit der Hand bethätigten Schneeräumern den Schnee so weit als möglich von den Schienen zu entfernen, wobei die hinter den Hauptschaufeln anzubringenden kleinen, schmalen und nach oben federnden Sonderschaufeln oder feststehenden oder umlaufenden oder endlich nur in der Höhe verstellbaren Besen die Beseitigung der letzten Reste übernehmen können. Bei richtiger Anordnung dieser zweiten Schneeräumung wird die mechanische Schneereinigung sich sogar billiger als die allgemeine Salzstreuung erweisen.

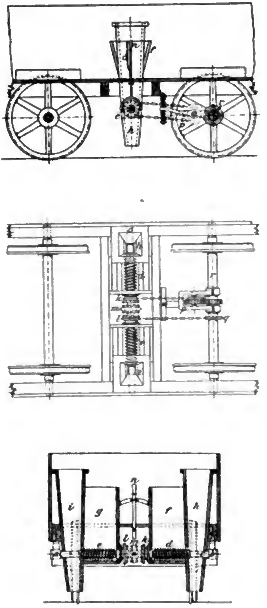
Die von dem Salzstreuen Gebrauch machenden Bahnen bringen das Salz entweder in krystallinischer Form oder als Salzlösung (bis 10 Teile Wasser au 1 Teil Salz) auf die Gleise. Bei ersterem Verfahren beträgt der Salzverbrauch 80 bis 100 kg auf 1 km einfaches Gleis, bei letzterem dagegen nur 30 bis 50 kg. Hierfür

[1]) Die 43. Versammlung der Freien Vereinigung der Strassenbahn-Betriebsleiter Rheinlands, Westfalens und der benachbarten Bezirke, 1900, hat mit Rücksicht auf die schädlichen Wirkungen des denaturierten Salzes beschlossen, ihren Hauptverein um eine Eingabe an die zuständige Zentral-Steuerbehörde zu ersuchen, in welcher die steuerfreie Verwendung nicht denaturierten rohen Steinsalzes seitens der Kleinbahnen gefordert wird.

bietet allerdings das Kornsalz den Vorteil, dass es besser auf dem Gleise liegen bleibt und dadurch nachfallende Schneeschichten zum Schmelzen bringt.

Die Salzstreuvorrichtungen sind meist mit dem Schneefegewagen vereinigt, selten als selbständige Wagen ausgebildet (Taf. LXI bis LXIII). Im letzteren Falle fahren sie unmittelbar hinter dem die grossen Schneemassen beseitigenden Schneepfluge her.

Abb. 62.



Salzstreuwagen der Strassenbahn Hagen i. W.
M. 1 : 50.

In dem Boden der Salzstreuwagen befindet sich ein in zwei Rohre auslaufender Trichter mit Rost, über den das Salz geschüttet und mit Schaufeln nachgeschaufelt wird, oder es findet eine Art Mühle oder Trommel Verwendung, durch deren Drehung das Salz in grösseren oder kleineren Mengen zum Austritte in zwei über den Schienen, dicht vor den Rädern angeordnete Abfallrohre gebracht wird. Bei Verwendung einer Salzlösung wird dieselbe in entsprechenden Behältern mitgeführt, deren Ausflussrohre spitz zulaufen und durch Schieber, Hähne oder Ventile mehr oder weniger geöffnet werden können. Die Mischung erfolgt zweckmässig in einem erhöht aufgestellten grösseren Behälter im Wagenhause, von welchem aus die Wagenbehälter gefüllt werden.

Textabb. 62[1]) stellt einen bei den Strassenbahnen Hagen i. W. und Elberfeld-Barmen im Betriebe befindlichen Salzstreuwagen dar, bei welchem das in die Kasten g, f geschüttete Salz mittels der Schnecken e, d in die Trichter h, i geschafft wird, von wo es auf die Gleise niederfällt. Die Schnecken werden durch das für Vorwärts- und Rückwärtslauf eingerichtete Getriebe k, l, m, n, o, p, q in Drehung versetzt. Die auf die Gleise fallende Salzmenge ist unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit. Der Salzverbrauch beträgt 90 kg auf 1 km Gleis.

ε. 4. Strassenkehrmaschinen.

Da in dem Strassenschmutze ein merkbares Hindernis für den Bahnbetrieb nicht besteht, liegt für die Bahnverwaltungen eine Veranlassung zu dessen

[1]) S. Mitteilungen des Vereins Deutscher Strassenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen, 1900 Nr. 3.

Beseitigung nicht vor. Der Stromübergang vom Rade zur Schiene lässt nur bei den den Tagesbetrieb eröffnenden Wagen zu wünschen übrig und ist bei flüssigem Schmutze auch dann nicht einmal von Belang. Von seiten der Stadtverwaltungen kann hier eine Beteiligung der Bahngesellschaft an der Strassenreinigung um so weniger gefordert werden, als der elektrische Bahnbetrieb anerkannt reinlich ist und zur Verschmutzung der Strasse nichts beiträgt. Gleichwohl findet man vereinzelt auf Schienen fahrende und elektrisch angetriebene Strassenkehrmaschinen, so z. B. in Budapest, wo allerdings mit Rücksicht auf die unterirdische Stromzuführung mittels offenen Schlitzkanales für die Bahnverwaltung begründete Veranlassung zur Indienststellung eines derartigen Fahrzeuges vorliegen mag.

Das Werkzeug besteht bei diesen Wagen wie bei den Schneekehrwagen in schräg zum Gleise gestellten, umlaufenden, walzenförmigen Bürsten, deren Antrieb durch die Wagenachsen mittels kegelförmiger Zahnräder oder Kettenräder bewirkt wird. Taf. LXII stellt eine derartige Strassenkehrmaschine dar.

4. b. Die Wagenkasten der Lokalbahnen.

b. α. Die Personenwagen der Lokalbahnen.

Allgemeine Bauart. Die auf eigenem Bahnkörper mit Geschwindigkeiten bis 40 km/Std. fahrenden Wagen der Lokalbahnen lehnen sich in ihrer Bauart und Ausführung an die Wagen der Hauptbahnen an. Sie sind jedoch im Gegensatze zu diesen in allen Teilen leichter gehalten, was nicht nur mit der kleineren Fahrgeschwindigkeit, sondern auch mit der Eigenart des elektrischen Betriebes zusammenhängt. Man wird hier nämlich grundsätzlich elektrischen Lokomotivbetrieb nur in ganz vereinzelten Fällen anwenden, und zwar dort, wo Rücksicht auf vorhandene, fremde Wagen obwalten muss, z. B. bei Privatbahnen mit grossem Übergange von Hauptbahn-Lastwagen. Bei allen zur Personenbeförderung dienenden Lokalbahnen wird man es vorziehen, sobald die Wagenzahl eines Zuges das einem voranlaufenden Triebwagen zuträgliche Mass überschreitet, den Zug durch mehrere Triebwagen zu verstärken, wenn nicht gar ausschliesslich aus solchen zu bilden, anstatt Lokomotiven zu verwenden[1]). Hieraus ergiebt sich eine weniger starke Inanspruchnahme des Oberbaues und der Wagen.

Eine weitere Eigentümlichkeit der Lokalbahnwagen besteht darin, dass sie im Gegensatze zu den Wagen der Hauptbahnen der besseren Ausnutzung wegen mit nur zwei, oft sogar nur einer einzigen Wagenklasse gebaut werden. Auch ordnet man zu gleichem Zwecke entweder offene oder verglaste Plattformen mit Stehplätzen an. Durchgangswagen finden vor Abteilwagen wegen der einfacheren Bedienung und des geringeren Leergewichtes auf 1 Sitzplatz den Vorzug. Die Wagen werden stets geschlossen gebaut und erhalten zur Lüftung entweder die bei Hauptbahnen üblichen Vorrichtungen oder einen durchgehenden Aufbau mit Fenstern.

Die **Sitzplätze** werden meist quer, selten längs zur Längsachse des Wagens gesetzt. Längsbänke sind hier höchstens bei schmalen Wagen von etwa 2 m Breite noch zulässig, da der Raum breiterer Wagen besser mit Querbänken ausgenutzt wird (s. Taf. XXXIX).

---

[1]) Ueber die Verwendung von Lokomotiven an Stelle von Triebwagen s. Verwendungsgebiet der Lokomotiven.

Beispiele von Triebwagen für Lokalbahnen.

1. Vierachsiger Durchgangswagen mit Speicherbetrieb der Kgl. Bayer. Pfälz. Eisenbahnen für den Verkehr Ludwigshafen-Mundenheim (Taf. LXIV[1]), gebaut von Gebr. Gastell, Mombach (Mainz). 36 Sitzplätze auf Längsbänken und 10 Stehplätze auf den Plattformen. Ausstattung entsprechend der III. Kl. der Hauptbahnwagen. Die Speicher sind unter den Längsbänken in je 10 Kästen jederseits untergebracht. Die Sitze sind zur Beobachtung der Speicherzellen bei der Ladung sowie zur Vornahme etwaiger Auswechselungen aufklappbar. Der Zugang zum Wageninnern erfolgt von den Plattformen aus. Letztere besitzen Schutzwände mit herablassbaren Fenstern und sind nach aussen mit Ketten abgesperrt.

2. Zweiachsiger Personenwagen mit Gepäckabteil der Lokalbahn-Akt.-Ges. München für den Verkehr auf der Lokalbahn Meckenbeuren-Tettnang für Oberleitungsbetrieb (Taf. LXV). Ausser einem Abteile mit 11 Sitzplätzen II. Kl. und zwei solchen mit 21 Sitzplätzen III. Kl. befindet sich zwischen beiden noch ein Gepäckraum mit kleinem Postabteile. Letzterer besitzt Schiebethüre und Flügelthüre in der Seitenwand, während der Zugang zu den Personenabteilen von den 20 Stehplätze enthaltenden, offenen Plattformen an den Wagenenden aus erfolgt. Die Bänke stehen wegen der Wagenbreite von 2900 mm quer zur Längsrichtung und sind durch die Zugänge im Verhältnisse von 2 zu 3 durchbrochen. Der Betrieb erfolgt durch Stromzuleitung mittels oberirdischer Leitung und eines auf dem Dache angeordneten Stromabnehmers mit Rolle.

3. Vierachsiger Durchgangs-Personenwagen für Oberleitungsbetrieb der Lokalbahn-Akt.-Ges. München für den Omnibusverkehr zwischen München-Höllriegelsgreut (Grünwald) der im Durchgangsverkehre noch fernerhin mit Dampfzügen betriebenen Isarthalbahn (Taf. LXVI)[2]. 82 Sitzplätze III. Kl. in 5 Abteilen und 20 Stehplätze auf den mit verglasten Schutzwänden versehenen Plattformen. Die beiden je an einem Wagenende angeordneten Abteile besitzen je einen Zugang von den Plattformen aus und sind über das ganze zulässige Umgrenzungsprofil mit 3000 mm Breite ausgedehnt, während die 3 in der Wagenmitte angeordneten Abteile Seitenthüren besitzen und deshalb auf 2600 mm Breite eingezogen werden mussten. Die in den Querwänden befindlichen Durchgangsthüren sind verschliessbar und nur für das Dienstpersonal bestimmt. Letzterem ist auch eines der 3 Abteile eingeräumt. Stromabnahme mittels Schuckertscher Schleifbügel.

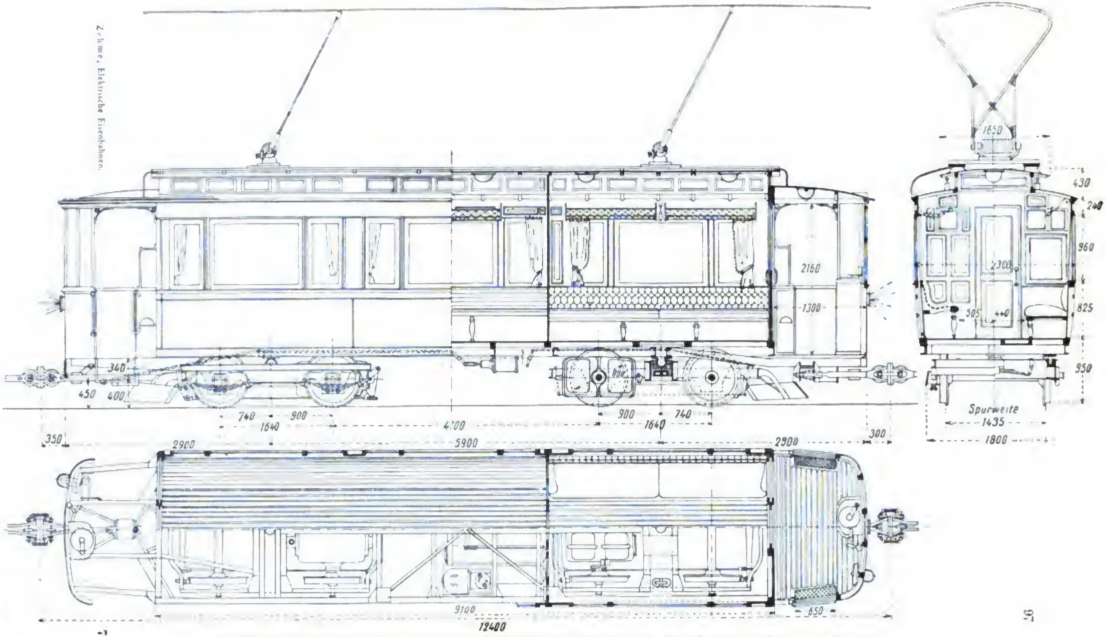
4. Vierachsiger Durchgangs-Personenwagen für Oberleitungsbetrieb der Rheinischen Bahngesellschaft für die Lokalbahn Düsseldorf-Krefeld. 22 Sitzplätze III. Kl. und 12 desgl. II. Kl. auf Längsbänken, 14 Stehplätze auf den geschlossenen Plattformen zusammen. Durchgehender Lüftungsaufbau auf dem Dache. Zugang zum Wageninnern über die Plattformen. Gewicht des unbesetzten Wagens einschl. Antrieb 14 t. Stromabnahme mittels Siemensscher Schleifbügel.

b. β. Die Güterwagen der Lokalbahnen.

Die Güterwagen der Lokalbahnen werden ihrem Zwecke entsprechend ausgebildet. Man unterscheidet im Allgemeinen offene und gedeckte und zwei-, drei- und

[1]) Drehgestell dieses Wagens siehe Taf. XII.
[2]) Drehgestell dieses Wagens s. Taf. XIX.

Abb. 63.

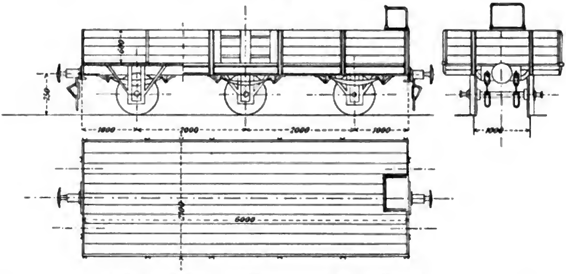


Vierachsiger Triebwagen der Rheinischen Bahngesellschaft für die Lokalbahn Düsseldorf-Krefeld. M. 1 : 60.

vierachsige Güterwagen. Daneben kommen, wie bei Hauptbahnen, Güterwagen für besondere Zwecke, sog. Spezialwagen, zur Beförderung von Flüssigkeiten, Vieh, industriellen Gütern u. s. w. zur Verwendung.

Der Raddruck der Güterwagen für Lokalbahnen beträgt, wenn letztere für den uneingeschränkten Übergang von Hauptbahnwagen eingerichtet sind, 7 und 7,5 t.

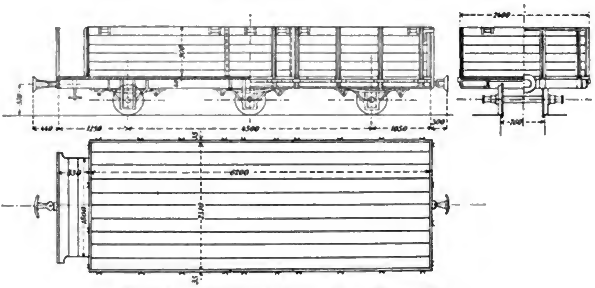
Abb. 64.



Offener, dreiachsiger Lokalbahn-Güterwagen mit Bremse. M. 1 : 75.

Andernfalls und besonders bei Schmalspurbahnen ist der Raddruck dem schwächeren Oberbaue entsprechend kleiner und beträgt meist 5 t. Man verteilt die Wagenlast nötigenfalls auf 3 oder 4 Achsen. Lenkachsen oder Drehgestellwagen werden bei

Abb. 65.

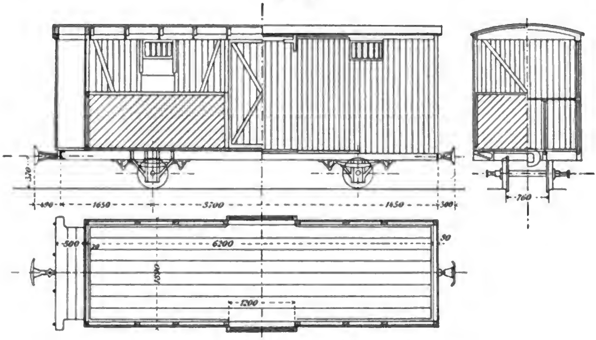


Offener, dreiachsiger Lokalbahn-Güterwagen mit Bremse. M. 1 : 75.

kleinen Gleiskrümmungen anzuwenden sein. Im Folgenden sind einige Beispiele für Güterwagen aus dem Wagenparke der Lokalbahn-Akt.-Ges. München aufgeführt.

1. Textabb. 64 stellt einen offenen, dreiachsigen Güterwagen mit Bremse dar. Ladegewicht 10 t, Spurweite 1,0 m. Freie Lenkachsen [1]), Mittelachse verschiebbar.

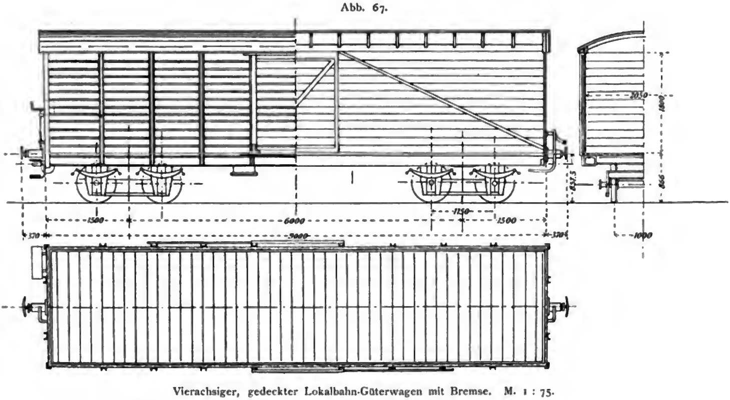
Abb. 66.



Zweiachsiger, gedeckter Lokalbahn-Güterwagen mit Bremse. M. 1 : 75.

2. Dreiachsiger, offener Güterwagen mit Bremse (Textabb. 65). Ladegewicht 10 t, Spurweite 0,760 m. Freie Lenkachsen [1]), Mittelachse verschiebbar.

Abb. 67.



Vierachsiger, gedeckter Lokalbahn-Güterwagen mit Bremse. M. 1 : 75.

[1]) Siehe S. 23.

3. Zweiachsiger, gedeckter Güterwagen mit Bremse (Textabb. 66). Ladegewicht 5,0 t, Spurweite 0,760 m. Freie Lenkachsen[1]).

4. Vierachsiger, gedeckter Güterwagen mit Bremse (Textabb. 67). Ladegewicht 10 t, Spurweite 1,0 m.

4. c. Die Wagen der Hoch- und Tiefbahnen.

Allgemeines. Die Zugförderung auf Hoch- und Tiefbahnen wird heute ausnahmslos elektrisch eingerichtet. Man führt selbst elektrischen Betrieb nach und nach auf allen aus früherer Zeit etwa noch mit Dampf betriebenen Stadtbahnen ein. Von seinen Vorzügen sind hier, sei es auf den belebte Strassen durchziehenden Hochbahnen oder in Tunneln fahrenden Untergrundbahnen, folgende bei der Wahl der Betriebsart ausschlaggebend: Reinlichkeit (Rauchlosigkeit), Geräuschlosigkeit, geringes Gewicht der Fahrzeuge, mithin leichter Ober- und Unterbau der Fahrbahn, geringe Zuglast auf die fahrende Person und beliebige Ausnutzung des Zuggewichtes als Reibungsgewicht. Die Wirtschaftlichkeit ist hier meist günstiger als bei Dampfbahnen.

Die Motoren werden entweder in dem nur aus Personenwagen bestehenden Zuge dem Reibungsgewichte entsprechend verteilt (Triebwagenbetrieb) oder in einer Lokomotive vereinigt (Lokomotivbetrieb). Die Vor- und Nachteile dieser beiden Bauarten sind unter Verwendungsgebiet der Lokomotiven näher angegeben. Im Allgemeinen wird man Hochbahnen mit Triebwagen betreiben und Lokomotiven nur bei Untergrundbahnen zulassen.

Bei den Hoch- und Untergrundbahnen vollzieht sich eine Verschmelzung des Betriebes der Strassenbahnen mit dem Wesen der Hauptbahnen. Sie haben mit den Strassenbahnen die schnelle Aufeinanderfolge der Züge, die Zugdichte, dagegen mit den Hauptbahnen die Fahrgeschwindigkeit und die derselben angepasste Bauart der Betriebsmittel und des Schienenweges gemein.

c. α. Die Wagen der Hochbahnen.

Allgemeine Bauart. Die bedeutenden Kosten der Fahrbahn der Hochbahnen erfordern möglichste Herabminderung der Achsdrucke. Man bildet daher die Züge aus Triebwagen, zu denen man je nach Möglichkeit und Erfordernis noch Anhänger hinzufügt. Die Verteilung des Wagengewichtes auf thunlichst viele Achsen führt zu Drehgestellwagen, welche ohnehin wegen der Wagengrösse, der ruhigeren Fahrt und der mitunter recht kleinen Gleiskrümmungen geboten sind. Die Abfederung der Achsen im Untergestelle und des Wagenkastens auf den Drehgestellen soll reich sein, damit sowohl das Geräusch und Dröhnen bei der Fahrt als auch die Erschütterungen der Fahrbahn und die damit verbundenen Nietlockerungen vermieden werden.

Die Standfestigkeit der Wagen auf dem Gleise bedingt möglichst tiefe Schwerpunktslage, welche durch die im Untergestelle angeordneten Motoren einerseits begünstigt, anderseits durch die hohe Kastenlage beeinträchtigt wird. Jedenfalls sollte Unterkante der Motoren bei ausgelaufenen Rädern nicht mehr

[1]) Siehe S. 23.

als 100 mm über S. O. liegen und der Wagenfussboden innerhalb des Bereiches der Federschwingungen dicht über dem Rücken der Motoren angeordnet werden, wobei man denselben in gleichbleibender Höhe durch die ganze Wagenlänge hingehen lässt, sodass der über den Motorachsen oder Drehgestellen liegende Wagenteil für die Sitzplätze nicht verloren geht. Anhängewagen, mit Triebwagen zusammen im Zuge laufend, erhalten, obwohl man bei ihnen die Wagenräder wegen Fortfalles der Motoren in den Wagenfussboden hineinragen lassen und den letzteren entsprechend tiefer legen könnte, dennoch mit den Triebwagen gemeinsame Fussbodenhöhe, damit bezüglich der Wagenbesteigung Einheitlichkeit herrscht. Bei Untergrundbahnen mit Lokomotivbetrieb und nur gezogenen Personenwagen besteht diese Rücksicht nicht.

Auf ruhigen Wagenlauf und richtige Schienenüberhöhung in den Gleiskrümmungen ist Bedacht zu nehmen.

Die Sitzanordnung im Wageninnern der Hochbahnen ist für die Zuglast bei gegebener Platzzahl von grösster Bedeutung. Hierin unterscheiden sich die sonst in ihrer Bauart wenig von den Wagen der Oberflächenbahnen abweichenden Fahrzeuge der bestehenden Hochbahnen von einander, insbesondere, wenn man alle nicht gerade vor den Füssen der sitzenden Personen liegenden, freien Räume des Wagens einer bei diesen Bahnen eingewurzelten Gewohnheit gemäss als Stehplätze ansieht. Nebenstehende Zahlentafel VI giebt die Hauptabmessungen, das Gewicht sowie das Fassungsvermögen der Triebwagen einiger, bemerkenswerter Hochbahnen an.

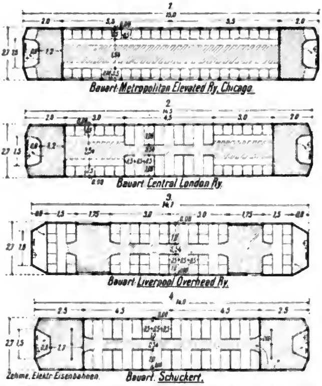
Zahlentafel VI.

Bahnanlage	Wagenlänge über die Stirnwände einschliesslich der Plattformen / Äussere Wagenbreite mm	Sitzplätze		Wagengewicht ohne elektrische Einrichtung ko	Wagengewicht ohne elektrische Einrichtung auf 1 Sitzplatz, wenn nur ein Führerstand am Wagen ko
		vorhanden	wenn nur 1 Führerstand am Wagen		
Hochbahn Liverpool, Erste Anlage (Textabb. 69)	13730/2590	57	57	12600	221
Hochbahn Liverpool, Erweiterung	13730/2590	52	52	12600	242
Metropolitan Elevated Ry. Chicago (Textabb. 71)	14300/2590	40	44	18150	412
Brooklyn Rapid Transit Elevated	— /2590	60	64	17590	275
Hochbahn Berlin (Textabb. 73).	10900/2260	36	36	—	—
South Side Elevated Chicago (Textabb. 76)	14000/2560	48	48	13200	275
Schwebebahn Barmen-Elberfeld (Textabb. 77)	11450/2103	36	36	9225	256

Die Aufstellung der Sitzbänke erfolgt zweckmässig so, dass dicht bei den Eingangs- und Ausgangsthüren freie Räume verbleiben, welche bei dem Aufenthalte in den Bahnhöfen die Einsteigenden vor ihrer Verteilung auf den Sitzbänken schnell aufnehmen bezw. den aussteigenden Personen vor der Ankunft ermöglichen, sich zum schnellen Aussteigen bereit zu halten. Bei Verwendung von Querbänken, welche selbst bei kleinen Wagenbreiten die beste Platzausnutzung gewähren (s. Taf. XXXIX), stellt man aus vorgenanntem Grunde an den Wagenenden Längsbänke auf, zwischen denen ein breiter Gang für die Ein- und Aussteigenden freibleibt. Es kann für diese Aufstellung von Längsbänken an den Wagenenden auch die tiefe Fussbodenlage und mithin das Hineinragen der Wagenräder in den Wagenfussboden bestimmend sein; jedoch trifft dies gewöhnlich erst bei den niedrigen Wagen der Untergrundbahnen zu.

In Textabb. 68 ist ein Wagen für 48 Sitzplätze und 50 Stehplätze, insgesamt also für rd. 100 Personen in verschiedenen sich z. T. an bekannte Modelle anlehnenden Bauarten dargestellt. Die Stehräume sind durch Schraffierung kenntlich gemacht. Die Anordnungen 1 bis 3 sind weiterhin unter den Beispielen für Hochbahn- bezw. Tiefbahnwagen näher beschrieben. Anordnung 4 stellt eine den Strassenbahnwagen ähnliche Bauart dar; die Plattformen sind sehr geräumig, die Personen teilen sich sofort nach dem Besteigen des Wagens nach den Steh- und Sitzplätzen hin, wodurch gegenseitige Belästigungen vermieden werden; die Stehräume können wegen ihrer völligen Absonderung vom Wageninnern für Raucher dienen.

Abb. 68.



Wagenbauarten für Hoch- und Untergrundbahnen. M. 1 : 200.

Die Bauart und Ausstattung der Hochbahnwagen können wie bei den Fahrzeugen der Oberflächenbahnen gehalten werden, da ein Grund zu einer anderen Gestaltung nicht vorliegt. Besondere Beachtung verdienen indessen alle zur Dämpfung des Geräusches dienenden Massnahmen, wie gutes Einfassen der Fenster, Auspolsterung der Führungen und Anschläge der Wagenthüren, gute Verspundung des Fussbodens und sorgfältige Ausführung des Wagengestelles und dessen Verstrebungen.

Die Wahl zweier oder nur einer einzigen Wagenklasse hängt von der Eigentümlichkeit der von der Bahnlinie durchschnittenen Stadtteile und deren Bewohner ab. Zwei Klassen findet man z. B. bei den Bahnen, welche in Fabrikstädten angelegt werden oder welche industriereiche Vororte mit dem Stadtinnern verbinden.

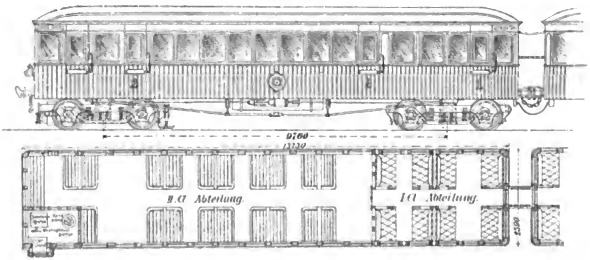
Dient anderseits eine Bahn lediglich dem Stadtverkehre, so begnügt man sich mit nur einer Klasse im Zuge, was den ganzen Betrieb vereinfacht.

Schwere Auspolsterungen der II. oder I. Klasse sind zu vermeiden. Es genügt hier, die Wände in besserem Naturholze herzustellen oder mit Linkrusta auszukleiden und die Bänke nur an Sitz und Lehne mit einer Polsterlage zu versehen. Auch finden Rohrsitze Verwendung. Die Bänke der III. Klasse werden mit Lattensitzen oder dünnen Holzbelägen ausgeführt.

Beispiele für Triebwagen von Hochbahnen.

1. Vierachsiger Triebwagen der Liverpool Overhead Ry. (Textabb. 69)[1]. 16 Sitzplätze I. Kl., 41 dsgl. II. Kl. auf Querbänken. Durchgehender

Abb. 69.



Hochbahn in Liverpool, Triebwagen. M. 1 : 115.

Mittelgang. Besteigung des Wagens durch Seitenthüren. Dicht an den Thüren grosse freie Stehräume. Sitzbreite 460 mm. Ein Zug besteht aus zwei Triebwagen mit je einem Führerstande an jedem Zugende. Höhe des Wagenfussbodens über S. O. 1100 mm. Raddurchmesser 838 mm. In jedem Drehgestelle der alten Wagen befindet sich ein Achsenmotor von 3,0 t Gewicht. Stromzuführung durch seitlich des Fahrgleises liegende, sog. dritte Schiene. Bei den neuen Wagen wird der Antrieb

Abb. 70.



Hochbahn Liverpool, Zugbildung. M. 1 : 250.

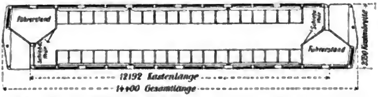
der Drehgestelle durch je einen Zahnradmotor bewirkt. Die Zusammensetzung eines Zuges wird in Textabb. 70 dargestellt.

2. Vierachsiger Triebwagen der Metropolitan Elevated Ry.

[1]) Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. I, S. 695.

Chicago (Textabb. 71)[1]. 40 Sitzplätze einer Wagenklasse auf Längsbänken. Sitze einzeln gepolstert mit kleinen, nur den Platz markierenden Seitenlehnen. Besteigung des Wagens über die Plattformen. Wagenuntergestell und Bodenrahmen aus Eisen. Schwere Bauart, da ein Triebwagen sechs Anhängewagen von je 12160 mm Länge zieht. Führerstand wie bei den Triebwagen Liverpool (Textabb. 69). Platzausnutzung gegen letzteren unvollkommen. In jedem Drehgestelle zwei Zahnradmotoren. Die Zugbildung ist in Textabb. 72 angegeben.

Abb. 71.



Metropolitan-Hochbahn zu Chicago, Triebwagen. M. 1 : 166.

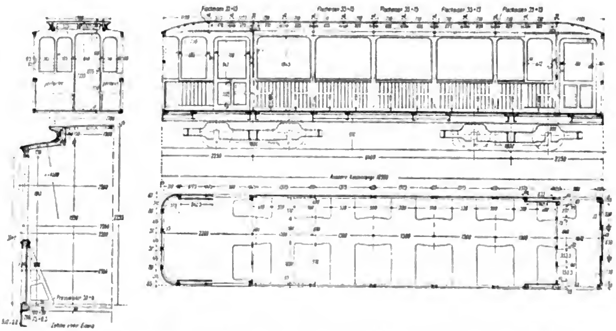
3. Vierachsiger Durchgangs-Triebwagen der Hoch- und Unterpflasterbahn Berlin (Textabb. 73). 35 Sitzplätze einer Wagenklasse auf Querbänken. Besteigung des Wagens über geräumige Plattformen. Führerstand nur an einem Wagenende. Zugbildung aus einem oder mehreren Trieb- und Anhängewagen (Textabb. 74 und 75). Führerstand an jedem Zugende. In jedem Drehgestelle ein Achsenmotor auf der Innenseite. Ungefedertes Triebachsgewicht mit Motor

Abb. 72.



Metropolitan Elevated Ry. Chicago, Zugbildung. M. 1 : 600.

Abb. 73.

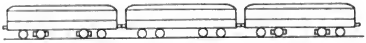


Hochbahn Berlin, Triebwagen. Ausgeführt von Van der Zypen & Charlier, Deutz-Köln. M. 1 : 100.

[1]) Eisenbahntechnik der Gegenw., Bd. I, S. 696.

3,75 t. Fussboden 930 mm über S. O. Trittstufe vom Bahnsteige zum Wagen 150 mm hoch Zwischen Wagenkasten und Tunnelwand 350 mm Spiel, sodass Fenstervergitterung nicht erforderlich. Die Anhängewagen dieser Bahn erhalten je 60 Sitzplätze.

Abb. 74.



Hochbahn Berlin, Zugbildung. M. 1 : 400.

4. Vierachsiger Triebwagen der South Side Elevated Ry., Chicago (Textabb. 76)[1]). 16 Sitzplätze auf Querbänken in der Wagenmitte, 32

Abb. 75.

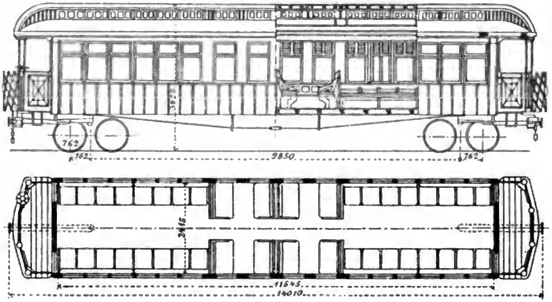


Hochbahn Berlin, Zugbildung. M. 1 : 400.

Sitzplätze auf Längsbänken an den Wagenenden (s. S. 102). Besteigung des Wagens über die Plattformen.

5. Vierachsiger Triebwagen der Schwebebahn Barmen-Elberfeld-Vohwinkel (Textabb. 77). Nach dem Grundsatze der Langenschen Schwebe-

Abb. 76.

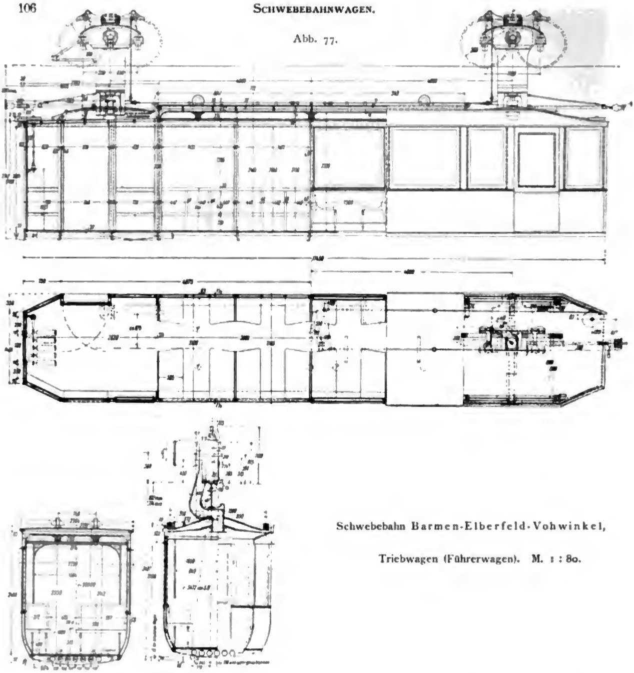


South-Side-Hochbahn, Chicago, vierachsiger Durchgangswagen. M. 1 : 110.

bahn hängt der Wagen mit zwei Drehgestellen frei pendelnd an der einschienigen Fahrbahn. Die hierzu dienenden hakenförmigen Träger umgreifen auch die Unterseite der Fahrbahn, wodurch Entgleisungen verhindert werden sollen. Drehgestelle unge-

[1]) Organ, 1894, Taf. XXXXII.

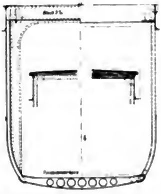
Abb. 77.



Schwebebahn Barmen-Elberfeld-Vohwinkel,

Triebwagen (Führerwagen). M. 1 : 80.

Abb. 78.



Schwebebahn Barmen-Elberfeld-Vohwinkel. Wagenkastenträger. M. 1 : 50.

federt. Wagenkasten durch lange Blattfedern mit den Drehgestellträgern verbunden. Jedes Drehgestell mit einem beide Achsen mit einfacher Zahnradübersetzung antreibenden Motor ausgerüstet. Stromzuführung durch eiserne, isolierte, dritte Schiene.

Wagenkasten entsprechend der einseitigen Fahrtrichtung mit nur einem Führerstande versehen. 16 Sitzplätze II. Klasse, 20 Sitzplätze III. Klasse, 15 Stehplätze. Wagenfenster im Oberteile herablassbar.

Sowohl Kastengestell (Textabb. 78) als auch die innere Ausstattung, Sitze, Wände, Boden u. s. w. von äusserster Leichtigkeit.

c. β. Die Wagen der Tiefbahnen.

Allgemeine Bauart (s. auch S. 100). Man unterscheidet bei Tiefbahnen Unterpflasterbahnen von Untergrundbahnen. Für die Ausbildung der Wagen kommt diese Unterscheidung sehr wohl in Betracht, weil die Querschnitte der Tunnels von einander verschieden sind. Der Tunnel der Unterpflasterbahn hat eine sich an das Rechteck anlehnende Querschnittsform, wohingegen die eingleisige Untergrundbahn immer einen kreisförmigen und die zweigleisige einen ovalen Tunnelquerschnitt erhält. Die Rücksicht auf die hohen Herstellungskosten der Tunnels erheischt möglichste Verkleinerung des Tunnelquerschnittes und mithin thunlichste Anschmiegung des Wagenquerschnittes an letzteren. Man drückt deshalb bei Tiefbahnen die Wagenhöhe so viel als möglich herunter, was bei Hochbahnwagen trotz der erwünschten Standfestigkeit, d. h. tiefen Schwerpunktslage, wie einige der oben angeführten Beispiele beweisen, nicht immer der Fall ist. Da diesen Bestrebungen der Einbau des elektrischen Antriebes oft hindernd im Wege steht, ging man dazu über, den über den Motoren liegenden Wagenteil vom Sitzraume zu trennen und letzteren zwischen den Drehgestellen anzuordnen, sodass die Langträger hier eine bedeutende Ausbiegung nach unten erhalten konnten. Wegen der damit verbundenen Raumverschwendung zogen manche Untergrundbahnen es vor, die Motoren in einer Lokomotive zu vereinigen und die Wagen als Anhänger zu bauen, wobei die Vereinigung des maschinellen Teiles an einem Punkte grosse Vorteile bietet. Die grösseren Raddrucke der Lokomotiven fallen bei Untergrundbahnen nicht derart ins Gewicht als bei Hochbahnen. Ruhige Fahrt muss durch die Abfederung erreicht werden.

Während die Wagen der älteren Untergrundbahnen infolge zu weitgehender Einschränkung des Querschnittes einen eingeengten Eindruck machen, hat man be neueren Bahnen die Tunneldurchmesser wieder grösser angenommen, um den Wagen im Innern ein freundlicheres Aussehen zu geben.

Die Sitzbänke werden nach den bei den Hochbahnwagen angeführten Grundsätzen aufgestellt (s. Textabb. 68). Die Eingänge über Plattformen sind zweckmässiger als durch seitliche Thüren, welche letzteren übrigens als Schiebethüren auszuführen sind. Während bei Hochbahnwagen Längsbänke an den Wagenenden lediglich wegen des zwischen ihnen freibleibenden grösseren Raumes vor Querbänken den Vorzug geniessen, ist bei den Wagen der Untergrundbahnen die gleiche Anordnung mit Rücksicht auf die niedrige Fussbodenlage und das Eintreten der Räder in den Bodenrahmen geboten und stellt erstgenannter Vorzug dieser Aufstellung der Bänke nur einen willkommenen Nebenvorteil dar.

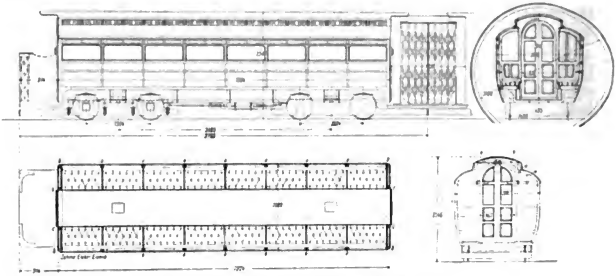
Die Ausstattung der Wagen der Untergrundbahnen muss wegen der finsteren Tunnel in jeder Beziehung und mit allen Mitteln hell und freundlich gehalten werden, zumal die Fahrt in den zugigen und das Geräusch der Fahrt allseitig zurückwerfenden Tunneln nicht eben eine Annehmlichkeit genannt werden kann. Wie sehr verschieden die Eindrücke der Ausstattungen sein können, zeigt ein Vergleich der Wagen der Chemin de fer du Métropolitain, Paris und der Central London-Untergrundbahn, welcher sehr zu Gunsten der letzteren ausfällt. Verschalungen in dunklen Naturhölzern sind zu vermeiden und durch helle Hölzer, Linkrusta oder Linoleum zu ersetzen. Die Beleuchtung soll reich und mit geschmackvollen

Lampenkörpern ausgestattet werden. Für gute Lüftung ist Sorge zu tragen. Reichlich grosse Seitenfenster sind in Bahnhöfen zur schnellen Auffindung leerer Plätze, sowie seitens der Fahrenden zur schnellen Ermittelung der Bahnhofsnamen auf der jeglicher Anhaltspunkte entbehrenden Bahnstrecke erforderlich, es sei denn, dass für letztgenannten Zweck besondere Stationsanzeiger in den Wagen vorhanden sind.

Beispiele für Triebwagen der Tiefbahnen.

1. Vierachsiger Wagen der City and South London Ry. (Textabb. 79). Diese Wagen wurden im Laufe ihrer Beschaffung ständigen Neuerungen unter-

Abb. 79.



City and South London Ry., Wagen. M. 1 : 100.

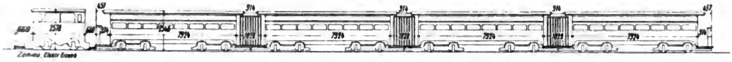
worfen, welche auf bessere Federung der Drehgestelle, zweckmässigere Gestaltung der Kastenträger und der inneren Ausstattung gerichtet waren. Die neueren Wagen, welche von der Wagenbauanstalt George F. Milnes & Co. Ltd., Hadley, Salop (England) gebaut wurden, fassen 32 Sitzplätze auf Längsbänken, welche letzteren in der Mitte geteilt und mit je zwei Sitze bildenden, abnehmbaren Polstern belegt sind. Die Längsträger des Wagenkastens liegen zwecks Vergrösserung der inneren Wagenhöhe unter den Sitzbänken, weshalb diese eine kastenförmge, unbequeme Form erhalten mussten. Die Kasten-Querträger mussten unter dem mittleren Fussboden abgekröpft werden. Die Drehgestellträger ragen in die Räume unter den Sitzbänken hinein.

Eine eigenartige Ausbildung erfuhren die Plattformen, welche als Zugänge zum Wageninnern dienen. Dieselben sind vom Wagenkasten völlig getrennt und ruhen für sich beweglich auf den über die Wagenenden hinausgeführten Verlängerungen der Drehgestelle, wobei letztere zugleich als Kupplungen ausgebildet sind. Zum Abschlusse der Plattformen nach aussen dienen zusammenlegbare Gitterthüren. Die Wagenthüren sind zweiflügelig.

Die äussere Form des Wagenkastens schmiegt sich der Tunnelform eng an, wobei auf dem Wagendache noch ein durchgehender Lüftungsaufbau mit Schiebe-

gittern Platz gefunden hat. Elektrische Beleuchtung und Klingelanlage sind vorhanden. Das Wageninnere ist in Eiche, die Deckenbekleidung in Linkrusta ausgeführt. Ein Zug setzt sich aus einer Lokomotive und vier Wagen zusammen (Textabb. 80), von denen einer oder zwei für Raucher bestimmt sind.

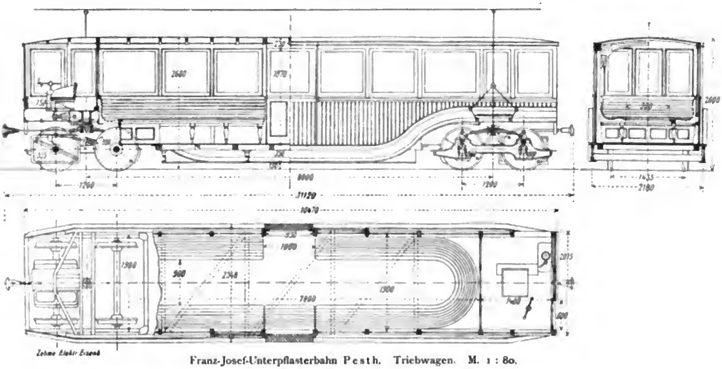
Abb. 80.



City and South London Ry. Zugbildung. M. 1 : 250.

2. Triebwagen der Franz-Josef-Unterpflasterbahn in Pesth (Textabb. 81). 28 Sitzplätze einer Wagenklasse auf Längsbänken und 14 Stehplätze. Die Wagen fahren einzeln, und es war deshalb an jeder Kopfseite ein Führerstand anzuordnen. Da letz-

Abb. 81.



Franz-Josef-Unterpflasterbahn Pesth. Triebwagen. M. 1 : 80.

terer erheblich niedriger als das Wageninnere sein konnte, stand der unter ihm gelegene Raum für den Einbau eines Motors zur Verfügung. Der im Allgemeinen sehr niedrig gehaltene Fussboden musste samt den Längsträgern über die Drehgestelle emporgeschwungen werden. Die beiden Längsbänke sind zwecks Platzausnutzung an den Kopfseiten des Wageninnern in Halbkreisform unter einander verbunden. Die Besteigung des Wagens erfolgt durch Seitenthüren. Die der Bahnhofseite entgegengesetzt liegende Thüre kann durch einen Klappsitz verstellt werden.

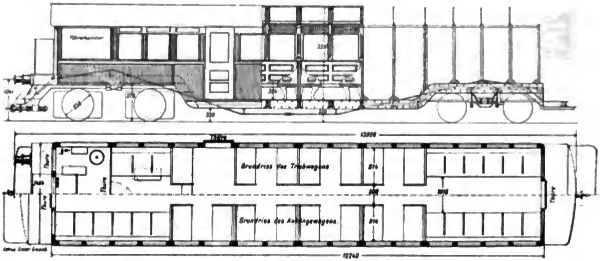
Der Zug besteht, wie bemerkt, aus einem Einzelwagen.

3. Triebwagen der Waterloo and City Ry., London. (Textabb. 82 und 83)[1]), gebaut von Jackson & Sharp, Wilmington, Del. V. St. Nordamerikas.

[1]) Minutes of Proceedings of The Inst. of Civ. Eng., London, 1899—1900, 1.

30 Sitzplätze in der Wagenmitte auf Querbänken, 12 Sitzplätze am hinteren Wagenende auf Längsbänken. Während bei den Pesther Wagen die Wagenenden infolge der dort notwendigen Führerstände für die Motoren zur Verfügung standen, konnte

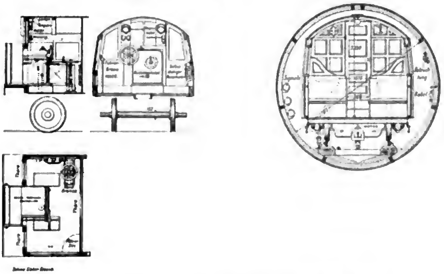
Abb. 82.



Waterloo and City Ry., London. Triebwagen. M. 1 : 100.

man hier, wo infolge der Zugbildung (Textabb. 84) in jedem Triebwagen nur ein Führerstand erforderlich war, die beiden Motoren (42 bis 60 P. S.) in einem Dreh-

Abb. 83.



Waterloo and City Ry., London. Querschnitt zu Textabb. 82. M. 1 : 100.

gestelle, dem vorderen, unter der Führerkammer gelegenen, vereinigen, was gewisse Vorteile bietet[1]). Es brauchte deshalb der Fussboden nur über diesem Drehgestelle erhöht angeordnet zu werden, während er an dem hinteren, motorlosen Drehgestelle zwischen den Laufrädern hindurch in gleicher Höhe mit dem Fussboden der Wagen-

1) S. Motoranordnungen.

mitte fortgeführt werden konnte. Dieses ist bei den Anhängewagen an beiden Wagenenden der Fall, weshalb diese Wagen 12 Sitzplätze mehr enthalten (s. unterer Teil der Textabb. 82). Die Seitenträger des Wagens gehen indessen bei beiden Drehgestellen über die Räder hinweg und sind in der Wagenmitte heruntergezogen, um hier die Aufstellung der den Raum besser ausnutzenden Querbänke zu ermöglichen. Die Ausbildung des Wagens im Einzeln ist geschickt und erreicht den Zweck der grössten Raumausnutzung. Als einziger Nachteil ist, von den Vor- und Nachteilen des Triebwagens gegen die Lokomotive abgesehen, die unbequeme, kastenartige Form der Längsbänke anzuführen.

Jeder Zug besteht aus zwei Trieb- und zwei Anhängewagen, die derart gekuppelt sind, dass die beiden Triebgestelle mit ihren Führerkammern an den Zugenden stehen (Textabb. 84). Ein Verschieben der Triebwagen in den Endbahnhöfen fällt

Abb. 84.



Waterloo and City Ry. Zugbildung. M. 1 : 300.

also fort. Die Besteigung der Triebwagen erfolgt über die Plattformen und durch eine Seitenthüre; letztere erschien notwendig, weil die Vorderseite des Wagens durch die Führerkammer in Anspruch genommen ist. Die Regelung der an den Zugenden befindlichen Motoren erfolgt von dem jeweils voranlaufenden Führerstande aus unmittelbar und erforderte die Verlegung der Wagenkabel über die ganze Zuglänge. Neuerdings bewirkt man derartige Zugregelungen durch sog. Zugregler (multiple unit controller[1]).

Wie der untere Teil der Textabb. 82, der einen Anhängewagen darstellt, erkennen lässt, verliert man durch die über die Triebgestelle hingehenden Führerstände 24 Sitzplätze im Zuge. Rechnet man hierzu noch die doppelte Schaltvorrichtung, so erscheint das Vorgehen anderer Bahngesellschaften, die den Antrieb der Triebwagen durch eine Lokomotive ersetzen, nicht unberechtigt, zumal man dann die sämtlichen Motoren der Lokomotive durch einen gewöhnlichen Regler bedienen kann.

4. Vierachsiger Wagen der Central London Ry. (Textabb. 85). 18 Sitzplätze auf Querbänken im mittleren Teile und 32 Sitzplätze auf Längsbänken an den Enden des Wagens. Da die Zugförderung mittels Lokomotiven (s. Textabb. 87) bewirkt wird, die Wagen also Motoren nicht erhalten, konnte der Fussboden tief angeordnet werden, sodass die Räder der Drehgestelle in ihn hineinragen und die darüber liegenden Sitze als Längsbänke ausgeführt werden mussten (vgl. S. 102). Wie oben bemerkt, bietet diese Anordnung nebenbei den Vorteil der grossen freien Räume an den Eingangsthüren.

Die Besteigung der Wagen erfolgt durch zweiflügelige Kopfthüren über die Plattformen, welche letzteren nach aussen durch zusammenlegbare Gitterthüren gleichzeitig an den zusammenstossenden Enden zweier Wagen geschlossen werden

[1]) Siehe Regelung der Motoren.

können. Die Längssitze sind durch kurze Armlehnen eingeteilt und die Quersitze durch halbhohe Querwände abteilartig angeordnet. Sitz und Rückenlehnen sind mit blau- und karmoisinrotem Sammet gepolstert. Die Ausstattung ist hell und freundlich: weisse Sykomore-Fourniere in schmalen Teakholz-Rahmen, die Decke in heller Pappe mit Linkrusta-Einfassung. Die Lüftung erfolgt durch jalousieartige Seitenfenster des durchgehenden Lüftungsaufbaues und 10 sog. Torpedos ebenda. Ausserdem ist der obere Teil der Seitenfenster aufdrehbar. Gepäcknetze, Laufriemen, reichliche, elektrische Beleuchtung tragen zur Bequemlichkeit der Wagen bei. Textabb. 86 stellt ein Schaubild des Wageninnern dieser von der **Brush Electric Co., London** gebauten Wagen dar. Aussen sind die Wagen im unteren Teile der Seitenwände in Purpurlack und von dem unter den Fenstern hinlaufenden Streifen ab aufwärts weiss gestrichen. Alle erhabenen Leisten sind gleichfalls in Purpurlack, Einfassungen und Schrift dagegen in Gold gehalten.

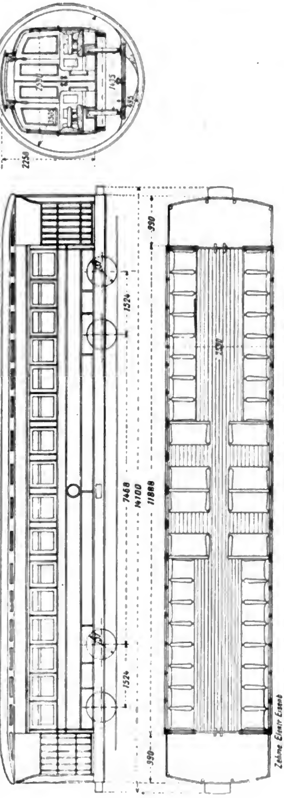


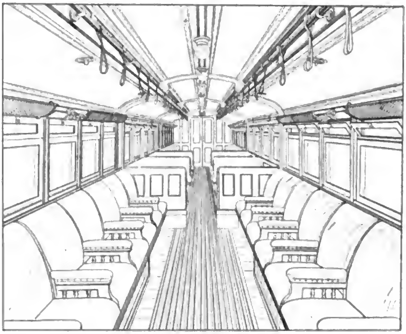
Abb. 85. Central London Ry. Wagen. M. 1 : 100.

Ein Zug besteht aus der Lokomotive und vier bis fünf Wagen (Textabb. 87), von denen die mit der Lokomotive jeweils zu kuppelnden Endwagen für Raucher bestimmt sind.

5. **Triebwagen der Chemin de fer Métropolitain zu Paris** (Textabb. 88). Diese nach der Bauart der Liverpooler Wagen (S. 103) ausgeführten Wagen sind zweiachsig und fassen 20 Sitzplätze II. Kl. auf Querbänken. An den seitlichen Eingangs-Schiebethüren und im Mittelgange befinden sich grosse Stehräume. Da nur ein Triebwagen im Zuge sich befindet, sind zwei Führerstände angeordnet. Der Fussboden geht über die die Achsen mit Zahnradübersetzung antreibenden Motoren wie bei gewöhnlichen Triebwagen hinweg. Die Untergestelle sind

vom Wagenkasten unabhängig (s. S. 6), d. h. ausfahrbar; die Achsen sind mit langen Blattfedern mit Gummikissen an deren Aufhängung gegen den Untergestellrahmen gefedert.

Abb. 86.



Central London Ry. Blick ins Wageninnere.



Abb. 87.

Central London Ry. Zugbildung. M. 1 : 400.

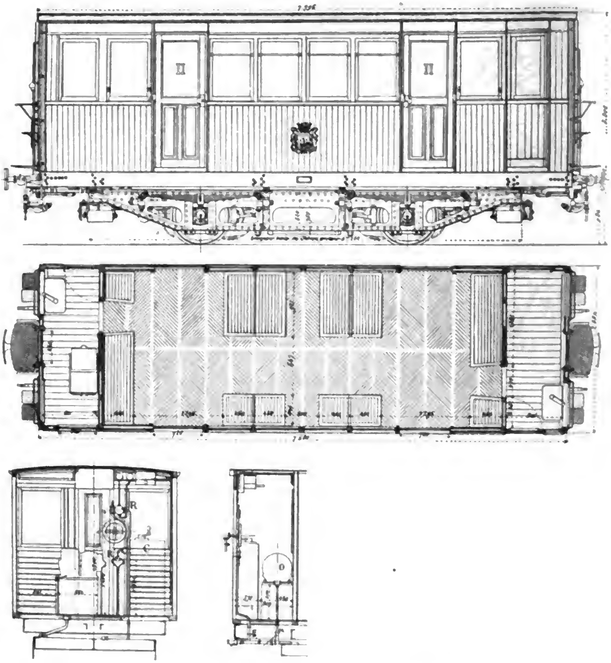
Die Anhängewagen sind den Triebwagen ähnlich gebaut, fassen jedoch je 31 Sitzplätze I. oder II. Kl. und haben mit den Wagenkasten fest verbundene Untergestelle (s. S. 6).

Alle Wagen haben ausser den seitlichen Schiebethüren an den Stirnwänden Drehthüren als Notausgänge und für das Personal.

Die Ausstattung ist für eine Tiefbahn nicht vorteilhaft. Die Naturhölzer geben dem Wageninnern ein dunkles Aussehen und es fehlen die zur Geräuschdämpfung gebräuchlichen Vorrichtungen.

Das Gewicht des unbesetzten Triebwagens beträgt 16,0 t. Die Zugbildung geht aus Textabb. 89 hervor.

Abb. 88.



Chemin de fer Métropolitain, Paris. Triebwagen. M. 1 : 60.

Abb. 89.



Chemin de fer Métropolitain, Paris. Zugbildung. M. 1 400.

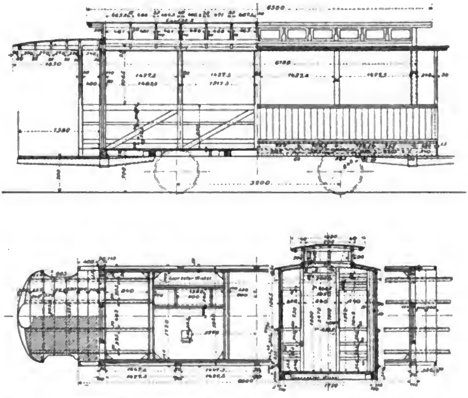
A. 5. Ausführung der Einzelteile von Wagenkasten der Strassen-, Stadt- und Lokalbahnen.

5. a. Das Kastengerippe.

Das Gerippe der Strassenbahnwagen bedarf wegen der üblichen grossen Aussparungen aller Wände durch Fenster einer besonders sorgfältigen Ausführung. Die Wagen gleichen grossen Glaskästen und bieten dem Stellmacher wenig Raum für Verstrebungen. Wegen der üblichen Überfüllungen der Wagen ist die Personenbelastung um die Hälfte grösser als der vorgeschriebenen Fassung entspricht anzunehmen. Das Gewicht der elektrischen Einrichtungen ist entsprechend in Rechnung zu ziehen; bei Speicherwagen tritt hierzu noch das nicht unbeträchtliche Gewicht der Speicher.

Die **Seitenwände** sollen in ihrem unteren Teile von den Fenstern abwärts als Träger mit Querstreben ausgebildet werden. Hierauf ist besonders bei den

Abb. 90.



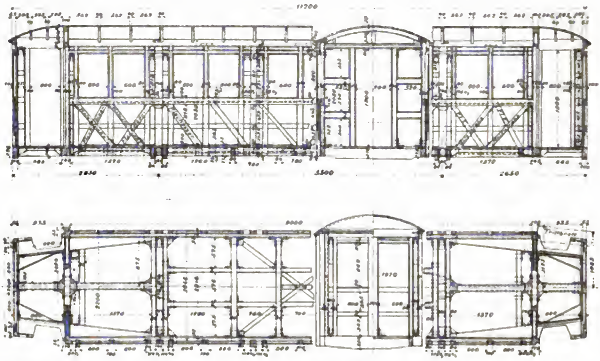
Kastengerippe des Triebwagens der Strassenbahn Kassel, gebaut von van der Zypen & Charlier, Deutz. M. 1 : 80.

Wagen mit selbständigen Untergestellen (S. 6 und 7) zu achten, bei denen zwischen Wagenkasten und Untergestelle ein Federwerk eingeschaltet ist, der Kasten also nicht auf durchgehenden Trägern aufruht. Zahlreiche Ausführungen beweisen, dass hier selbst die beliebten Unterstützungen der vorderen Kastenenden mittels besonderer Federn den Kasten nicht vor Durchbiegungen schützen (s. S. 8). Die Eck- und Zwischensäulen sind in den unteren Kastenrahmen (Bodenrahmen) mit Verzapfungen einzu-

lassen und mit schmiedeisernen Winkeln zu befestigen (Textabb. 93). Besondere Eckversteifungen gewähren die von van der Zypen & Charlier, Deutz angewandten Winkel aus gepresstem Bleche. Die einzelnen Säulen werden über und unter den Fenstern über die ganzen Seitenbreiten durch Riegel und an ihren oberen Enden durch den Dachrahmen mit einander verbunden. Die unter den Fenstern derart gebildeten Felder erhalten Schrägversteifungen aus Holz oder Flacheisen (Textabb. 90 und 91).

Eine gute Längsversteifung der Seitenwände besteht aus längs an die Langschwellen und Seitensäulen geschraubten langen Blechstreifen von 5 bis 7 mm Stärke.

Abb. 91.



Kastengerippe des Triebwagens der Lokalbahn Ludwigshafen-Mundenheim, ausgef. von Gebr. Gastell, Mombach Mainz (s. auch Taf. LXIII). M. 1 : 80.

Diese Blechstreifen sind von van der Zypen & Charlier, Deutz mit dem unteren Eckwinkel und oberen, an der Stossleiste liegenden Stege zu einem einzigen, kräftigen Träger vereinigt worden (Textabb. 93), durch welche eine äusserst wirkungsvolle Versteifung der Kastenwände herbeigeführt wird. Die zur äussern Verkleidung der Wagenkasten allgemein verwendeten Bleche von 1,5 bis 2 mm Stärke tragen auch zur Versteifung bei, dürfen jedoch nur an Stossfugen auf die Seitensäulen geschraubt werden, da in den Tafeln selbst liegende Verschraubungen infolge der unvermeidlichen kleinen Bewegungen in den Seitenwänden Einbuckelungen hervorrufen, die das Aussehen der Flächen beeinträchtigen.

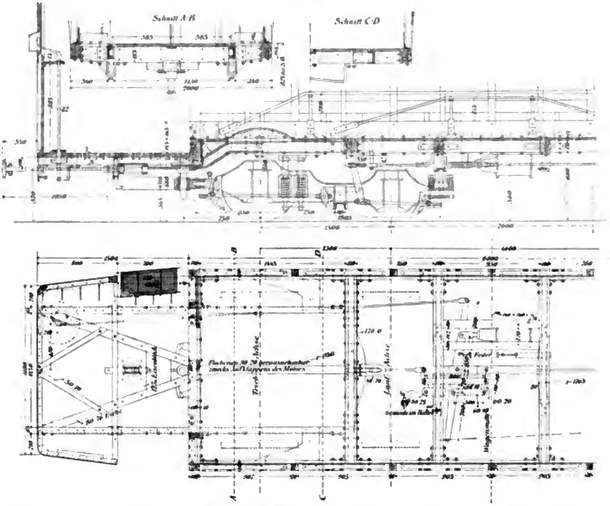
Besonders lange Wagen erhalten Sprengwerke zur Versteifung der Seitenwände (Textabb. 92, Taf. LXV und XLII).

Die **Kopfwände** bedürfen über und neben der Wagenthüre gleichfalls einer

guten Versteifung, um die Seitenwände gegen Querbewegungen zu sichern. Zwischenwände sind zu letztgenanntem Zwecke bei langen Wagen zu empfehlen.

Der **Bodenrahmen und Fussboden** (Textabb. 92) erhalten bei Strassenbahnen über den Motoren meist grosse Öffnungen, damit die Motoren bei Untersuchungen

Abb. 92.



Bodenrahmen des Triebwagens der Strassenbahn München, ausgef. von Rathgeber, München (s. auch Taf. XLVI). M. 1 : 40.

in den Wagen aufgeklappt werden können. Die Eckverbindungen des Rahmens sollen durch Verzapfungen und starke Eisenwinkel hergestellt werden. Schräghölzer sind zur Flächensteifigkeit des Rahmens anzubringen.

Der Fussboden besteht aus mit Nute und Feder in einander gefügten Brettern aus bestem Kiefernholz. Die in ihm zwecks Untersuchung des Motors angebrachten Öffnungen sind durch mehrteilige, mit eisernen Ringen versehene Einsätze gut schliessend abzudecken. Der ganze Fussboden wird mit einem herausnehmbaren Längslattenrost aus 20×15 buchenen Latten mit Flacheisenbeschlag bedeckt. An den Einsätzen wird der Rost gleichfalls herausgeschnitten und auf den ersteren fest aufgeschraubt.

Baustoff. Zu Bodenrahmen und Säulen wird Eichenholz, zum oberen Rahmen und zu den Riegeln Eschenholz verwendet.

Die Verzapfungen und Überblattungen sind zum Schutze gegen Fäulnis vor der Verbindung mit heissem Leinölfirnisse und nach dessen Trocknung mit fetter Ölfarbe zu streichen. Schliesslich trägt man noch eine Schicht fetter Bleiweissfarbe auf, welche alle etwaigen Zwischenräume gut ausfüllt. Das fertige Gestell ist dann nochmals mit heissem Leinöle zu streichen. Alle mit Holz in Verbindung kommenden Eisenteile bedürfen vor dem Einbaue eines Mennigeanstriches.

Die **äussere Bekleidung** der Strassenbahnwagen wird an den Seiten- und Kopfwänden aus $1^1/_2$ bis 2 mm starkem, ausgeglühtem und gutgespanntem Eisenbleche hergestellt. In einem Stücke durchlaufende Tafeln dürfen, wie oben bemerkt, mit den Zwischensäulen nicht verschraubt werden. Der unterhalb der Fenster liegende Teil der Seitenwände wird bei Strassenbahnen vielfach noch von den sog. Stossleisten wagrecht durchschnitten. Dieselben hatten früher den Zweck, etwaige Stösse des Strassenfuhrwerkes aufzunehmen und von den Vertäfelungen fernzuhalten. Trotz dieses aus begreiflichen Gründen verfehlten Zweckes hat man die Zweiteilung des Feldes bei den auf öffentlichen Strassen fahrenden Wagen beibehalten, weil Beschädigungen der Seitenbleche bei Zusammenstössen durch Abnahme kleinerer Tafeln schneller und billiger als bei grossen Tafeln beseitigt werden können. Die längsgeteilten Felder erhalten zuweilen mit den Fenstersäulen übereinstimmende Querteilungen. Alle Stossstellen der Bleche werden mit den Säulen sorgfältigst verschraubt und durch aufgeschraubte eiserne Leisten von Halbkreisform überdeckt.

Manchenorts wird an Stelle der Bleche eine 8 bis 10 mm starke Steinpappe (Carton comprimé) zur äusseren Verkleidung verwendet (Barcelona, Madrid u. a.).

Holzverkleidungen findet man selten.

5. b. Die Plattformen.

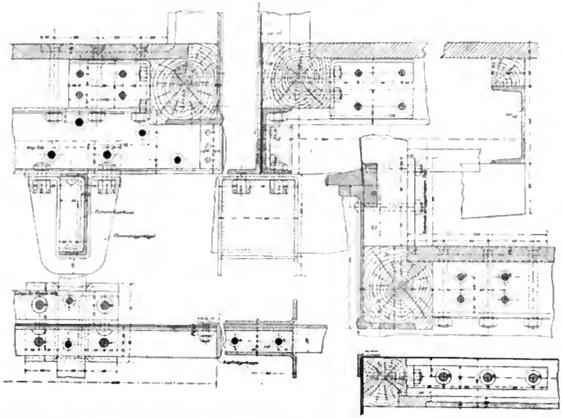
Über die allgemeine Ausbildung und Grössenabmessung der Plattformen sind oben die wichtigsten Gesichtspunkte angegeben (S. 78). Die Plattformen enthalten entweder nur Stehplätze oder an den Kopfwänden des Wagenkastens 2 oder 3 kurze, meist aufklappbare Sitzbänke. Die letzteren werden bei starkem Personenandrange sowohl für die stehenden als auch sitzenden Personen unbequem. Die Anzahl der auf die Flächeneinheit untergebrachten Stehplätze ist überall verschieden; im Durchschnitte rechnet man 0,25 bis 0,3 qm auf 1 Person. Für die in der Mitte der Plattformen stehenden Personen sind am Dache Riemenschleifen zum Anhalten zweckmässig. Zu gleichem Zwecke sind an der Wagenkopfwand Halter aus Eisen oder Bronze anzubringen. Auch dienen entsprechende Fensterschutzstäbe hierzu.

Die Ausführung der offnen Plattformen erfolgt durch ungeteilte Fortführung der seitlichen Längsträger des Wagenkastens zum Wagenende oder durch getrennte Herstellung des Fussbodenrahmens und Verschraubung desselben mit demjenigen des Wagenkastens. Diese letztere Ausführung ist der ersteren vorzuziehen, da die Abnehmbarkeit der ganzen Plattform bei Zerstörungen derselben durch Zusammenstösse die Wiederherstellung wesentlich erleichtert. Textabb. 93 zeigt die Befestigung

der Plattformträger an dem unteren Kastenrahmen mittels aus Blech gepresster Formstücke.

Der Fussboden der Plattformen wird, um möglichst niedrige Aufsteigtritte zu bekommen, tiefer als derjenige des Wageninnern gelegt (bis zu 250 mm bei Speicher-

Abb. 93.



Gesonderte Aufhängung der Plattform am Wagenboden. Van der Zypen & Charlier, Deutz. M. 2 : 15.

wagen mit über den Rädern liegenden Wagenfussboden) und mit harzreichen, unmittelbar auf den Bodenrahmen aufgeschraubten Kiefernbrettern von 25 bis 30 mm Stärke belegt; auf diesen wird sodann ein nach aussen gerichteter Lattenrost gebracht. Das sog. Spritzblech, d. h. die vordere Abschlusswand der Plattform, soll aus 3 mm starkem Eisenbleche hergestellt und zwecks leichter Wiederherstellung bei Verbeulungen für sich abnehmbar angeschraubt werden.

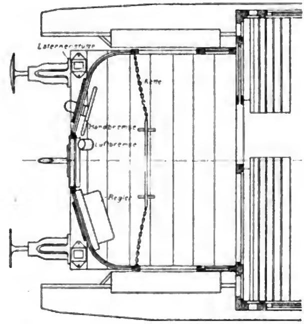
Die an den Einsteigöffnungen liegenden Ecksäulen werden als Rohre (bei guter Ausstattung mit blankem Messingüberzuge) bis zum unteren Dachrahmen hinaufgeführt und dort in an den Dachrand angeschraubten Rohrstutzen verschiebbar gehalten, damit das Dach an den unvermeidlichen, kleinen Bewegungen des Plattformfussbodens in senkrechter Richtung nicht teilnimmt. Die kurzen, nur bis zur Brüstung des Spritzbleches gehenden Säulen sind aus 25 mm starkem Vierkant- oder Rundeisen herzustellen und am Fussboden durch umgebogene Flanschen dauerhaft zu befestigen. An ihren oberen Enden werden sie untereinander und mit den Hauptsäulen durch ein gebogenes Winkeleisen verbunden, an welches das Spritzblech geschraubt und auf welches das an den Bogen aus mehreren Stücken zusammenzusetzende Brüstungs-

holz gesetzt wird. Das Spritzblech wird an den Hauptsäulen, wo diese auch als Handgriffe dienen, entsprechend ausgeschnitten.

Geschlossene Plattformen erhalten ein mit dem Wagenkasten als ein Ganzes herzustellendes Gerippe (Textabb. 91). Die Ecken werden stark abgeschrägt, wodurch der Wagenkopf eine, den Windwiderstand vermindernde Form erhält. Die Fenster der Schutzwände werden fest eingesetzt mit Ausnahme der mittleren, die wegen der Reinigung von Regen und Schnee und zwecks Beobachtung des Stromabnehmers bei oberirdischen Stromzuführungen herablassbar oder zur Seite aufschiebbar sein müssen. Der Antrieb der Handbremse kann entweder mittels Hebels (Textabb. 27), Winkelräder (Textabb. 28) oder Handkurbel (Textabb. 29) erfolgen. Im letzteren Falle ist in der vorderen Schutzwand ein Ausbau für die Kurbel anzubringen (Taf. XLVI). Bei durchgehenden Bremsen wird die nur selten benutzte Handbremse zweckmässig mit Kegelräder-Antrieb versehen (Textabb. 28), da der erwähnte Ausbau für eine wagrecht drehbare Bremskurbel unschön ist.

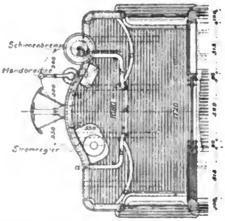
Führerstand. Der auf den Plattformen ausser den Stehplätzen angeordnete Führerstand wurde bisher, von den für die Fahrtregelung erforderlichen Vorrichtungen abgesehen, ohne besondere Einrichtungen ausgeführt. In neuerer Zeit ist man dagegen bestrebt, den Wagenführer von den Fahrgästen so viel wie möglich abzusondern, damit seine Aufmerksamkeit nicht von der Beobachtung des Gleises und der Handhabung der Vorrichtungen abgelenkt werde. Derartige Einrichtungen sind überall dort

Abb. 94.



Absonderung des Führerstandes an den Triebwagen der Isarthalbahn (Taf. LXV). M. 1 : 40.

Abb. 95.

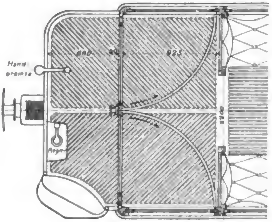


Absonderung des Führerstandes an den Triebwagen der Strassenbahn Mailand. M. 1 : 40.

zu empfehlen, wo polizeiliche Massnahmen gegen Wagenüberfüllung sich als nutzlos erweisen. In Textabb. 94 besteht diese Absonderung aus einem einfachen Geländer, das an beiden Seiten durch aushakbare Ketten mit den Plattformsäulen verbunden werden kann. In Textabb. 95 werden zwei um a drehbare Eckgeländer b, die sich auf eiserne Schienen c stützen, mittels des Stückes d zu

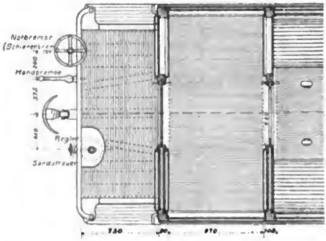
einem den Führerstand rings umgebenden Geländer verbunden. Die Eckgeländer lassen sich in die Aussenecken des Spritzbleches zurückdrehen. In Textabb. 96 und 97 dienen Dreh- bezw. Schiebethüren dazu, von der vorderen, geräumigen Platt-

Abb. 96.



Absonderung des Führerstandes an den Triebwagen der Strassenbahn Paris-Charenton. M. 1 : 40.

Abb. 97.



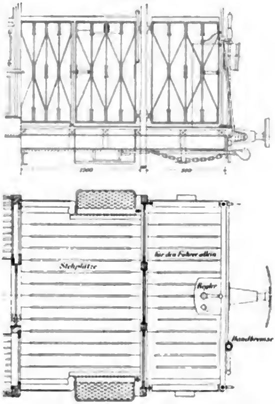
Absonderung des Führerstandes an den Triebwagen der Strassenbahn Rom. M. 1 : 40.

form einen Teil für den Führer abzuschliessen. Auf der hinteren Plattform werden diese Thüren geöffnet. In Textabb. 98 ist diese Trennung des Führerstandes von der Plattform dauernd, indem in der Zwischenwand keine Thüren vorgesehen sind und der Führer besondere Aufstiege an den Wagenseiten erhalten hat. In Textabb. 99 ist ein solcher Führerstand an einem Hauptbahnwagen dargestellt.

Wagen, welche längere Strecken durchfahren und keine Stehplätze haben, erhalten kurze Plattformen von etwa 800 mm Länge als Führerstände. Grössere Fahrzeuge auf Lokal- und Stadtbahnen werden mit ringsum geschlossenen, in den Wagen völlig eingebauten Kabinen für den Führer ausgestattet (Textabb. 100). Der Zugang zu denselben erfolgt von aussen oder innen. (Vgl. auch Textabb. 68, 69 und 71).

Alle Strassenbahnwagen, welcher Art sie auch sein mögen, müssen an beiden Seiten je einen Führerstand erhalten, weil Verschiebungen oder Drehungen des Wagens an Umkehrpunkten zeitraubend sind und bei gleichbleibender Fahrtricht-

Abb. 98.



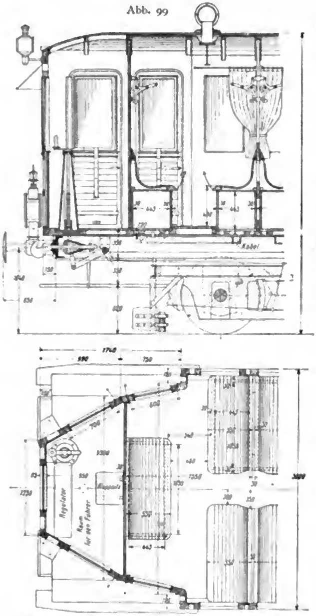
Völlige Abtrennung eines Führerstandes an einem Triebwagen. M. 1 : 40.

ung eine zeitweilige Drehung des ganzen Wagens zum Ausgleiche der Abnutzung aller Teile erforderlich ist. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Triebwagen in Stadtbahnzügen (Textabb. 70, 77 und 84).

In den seltenen Ausnahmefällen, wo viel Verschiebdienst zu leisten ist, die Wagen mit Rücksicht auf schwachen Verkehr kurz gehalten werden können und in der Wagenmitte sich ohnehin ein von den Personenabteilen getrennter Raum, z. B. Gepäckraum befindet, könnte eine von H. Heimpel, München angegebene Anordnung des Führerstandes nach Textabb. 101 Vorteile bieten.

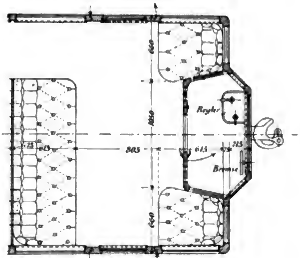
Die Aufstellung des Reglers (Fahrschalters, Controllers) erfolgt stets innerhalb der Plattform, da aussenliegende Regler zwar die Plattform freilassen, dagegen umständlich zu untersuchen sind und leicht beschädigt werden können. Es empfiehlt sich indessen, den Regler in eine Ausbuchtung der Plattform zu legen (Textabb. 102 und Taf. XLIV) oder ihn nach

Abb. 99



Führerstand des vierachsigen Speicher-Triebwagens der Kgl. Bayer. Pfälz. Eisenbahnen. M. 1 : 50.

Abb. 100



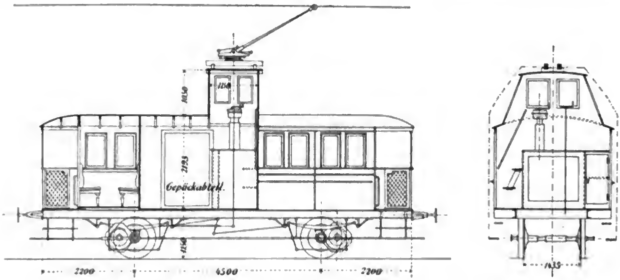
Führerstand an Stadtbahn-Wagen. M. 1 : 40.

amerikanischem Muster mit einer durchgehenden Bretterwand mit Thürchen vom Stehraume abzusperren (Textabb. 102 und Taf. XLV).

Wetterschutz für die Plattformen. Ausser der oben erwähnten vollständigen Umschliessung der Plattformen mittels verglaster, mit dem Wagenkasten als ein Ganzes herzustellender Wände bringt man an vorhandenen Wagen mit offenen Plattformen verschiedene Vorrichtungen zum Schutze des Führers oder gleichzeitig der Fahrgäste an. Eine bei der Strassenbahn München im Gebrauche

befindliche Vorrichtung besteht aus einem zeltartig aus Segeltuch gebildeten Vorbaue und lässt sich leicht dadurch entfernen, dass man das Segeltuch in zusammen-

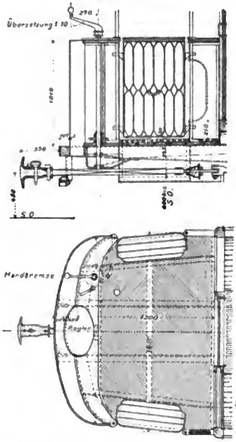
Abb. 101.



Erhöhter Führerstand nach H. Heimpel, München. M. 1 : 100.

gerolltem Zustande nebst dem ausgeknöpften Fenster und dem Stangenwerke unter dem Plattformdache festschnallt. Andere Bahnen haben den zwischen Spitzblech und Dach befindlichen Raum durch einen festen Zwischenbau aus Holzrahmen mit Fenstereinsätzen ausgefüllt (Augsburg, Nürnberg). Alle diese nachträglich angebrachten Vorrichtungen erfüllen zwar ihren Zweck, beeinträchtigen aber mehr oder weniger das Aussehen des Wagens. Sie weisen darauf hin, dass man offene Plattformen an Triebwagen vermeiden und bei neuen Wagen mit dem Aufbaue des Wagengestelles im Ganzen hergestellte Schutzwände vorsehen soll.

Abb. 102.

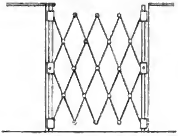


Führerstand der Triebwagen der Strassenbahn Hannover. M. 1 : 40.

Die **Aufsteigtritte** werden an die Längsträger geschraubt. Sie werden aus Eisenblech hergestellt und erhalten hölzernen Belag. Zum Schutz gegen Abgleiten der Füsse wird die vordere Kante oder auch der ganze Tritt mit geriffeltem Bleche oder der ganze Tritt mit Linoleum oder Gummituch belegt. Die Höhe der Aufsteigtritte schwankt zwischen 250 und 350 mm. Häufig bringt man, insbesondere bei Speicherwagen, zwischen Plattform und Wageninnern noch eine ansehnliche Zwischenstufe an (Textabb. 102). Höhere Auftritte sollen durch Vermehrung der Trittstufen umgangen werden. Dies hat aber zur Folge, dass die Platt-

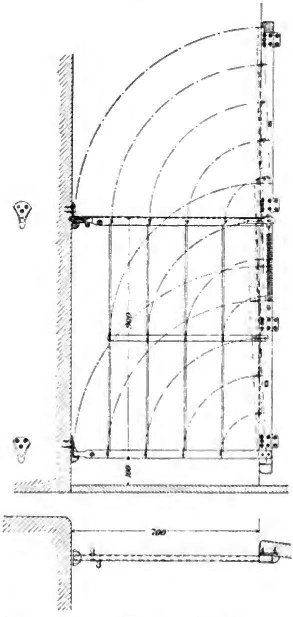
form an den Auftritten weit ausgeschnitten werden muss. Zur Vermeidung der damit verbundenen Gefahr verschmälert man die ganze Plattform (Taf. LXIV und LXV) oder man setzt die Abschlussthüren nach innen an die Kante des Ausschnittes (Taf. XLVI). Auch bringt man an den Plattformthüren eine besondere Winkelplatte zur Abdeckung der Öffnung an (Elberfeld-Barmen). Die lichte Weite der Einsteigöffnung soll 600 mm nicht unterschreiten.

Abb. 103.



Plattform-Abschlussthüre. M. 1 : 30.

Abb. 104.



Plattform-Abschlussthüre nach Rathgeber. M. 1 : 15.

Die Abschlussvorrichtungen der Auftritte bestehen entweder aus einfachen Stäben oder mit Leder überzogenen Ketten (Taf. LXIII und XLVII), welche, an der einen Säule fest angehängt, mit der zweiten Säule verhakt werden, oder aus drehbaren oder zusammenklappbaren Thüren. Die Thüren werden bei Drehung nach innen zweiteilig ausgeführt, um beim Öffnen die auf den Plattformen stehenden Personen nicht zu belästigen (Taf. XLIV). Vollthüren werden zweckmässig nach aussen geöffnet, was, wie bestehende Betriebe beweisen, zulässig ist. Diese Thüren sind oben mit einer hölzernen Handleiste entsprechend denjenigen des Spritzbleches zu versehen (Taf. XLIV und LXIV). Die Drehglieder der Vollthüren werden zuweilen doppelt ausgeführt, damit man die Thüren ungeachtet der Stärke der Plattformwände völlig aufklappen kann (Taf. L.)

Klappthüren beanspruchen in geöffnetem Zustande wenig Raum, dürfen dagegen zur Vermeidung von Quetschungen nur mittels der dazu bestimmten Handgriffe bedient werden. Ausser den bekannten Nürnberger Scheeren (Text-

abb. 103[1]) und Taf. LI, XLIX, XLII und XLV) finden Klappthüren von J. Rathgeber, München (Textabb. 104 und Taf. XLVI) vielfach Verwendung. Letztere lassen sich von aussen und innen leicht bedienen.

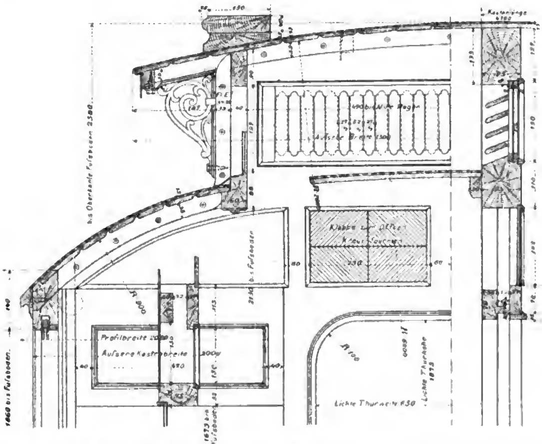
Geschlossene Plattformen erhalten in Deutschland eine der hier genannten Abschlussvorrichtungen, in Amerika dagegen vielfach hölzerne, die ganze Öffnung bis zum Dache völlig abschliessende Doppelthüren, die wegen des bei sog. geschlossenen Plattformen heftig einziehenden Seitenwindes sehr nützlich sind.

Die Abschlussvorrichtungen bei offenen Wagen mit seitlichem Aufstiege werden entweder durch mit Leder überzogene Ketten (Taf. XL) oder Einzelthüren (Taf. XLVIII) gebildet. Dieselben müssen leicht von einer Wagenseite auf die andere gebracht werden können.

5. e. Das Dach.

Die Dächer der Strassenbahnwagen sind fast ausnahmslos durch einen von einer Kopfwand zur andern durchlaufenden Lüftungsaufbau durchbrochen und verlieren da-

Abb. 105.



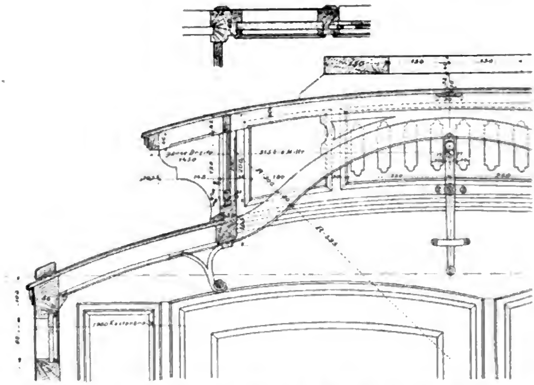
Querschnitt durch das Dach eines Triebwagens, ausgef. von Van der Zypen & Charlier, Deutz (Köln). M. 1 : 10.

durch die zum oberen Zusammenhalte der Seitenwände des Wagens so wichtige Eigenschaft der Steifigkeit, wozu die Belastung und Beanspruchung des Aufbaues durch

[1]) S. Eisenbahntechnik der Gegenwart Bd. I, S. 686.

den Stromabnehmer[1]) sowie die durch dessen Bedienung verursachte Begehung des Daches durch das Personal noch beiträgt. Man stellt die Steifigkeit dadurch wieder her, dass man entweder die Dachspriegel in das Dach des Aufbaues einbiegt

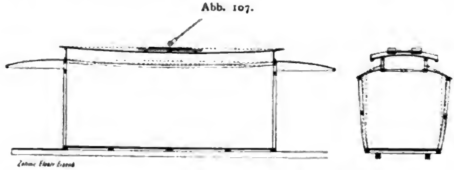
Abb. 106.



Querschnitt durch das Dach eines Triebwagens, ausgef. von der Masch.-Akt.-Ges. Nürnberg. M. 1 : 10.

und mit den Spriegeln des Aufbaues am Scheitel fest verbindet (Taf. XLVI), oder dadurch, dass man diese Spriegel am Aufbaue unterbricht und die in eine Ebene fallenden Haupt- und Aufbaudachspriegel samt den Aufbausäulen mit Flach- oder

Abb. 107.



Ungenügende Dachversteifung eines Triebwagens. M. 1 : 100.

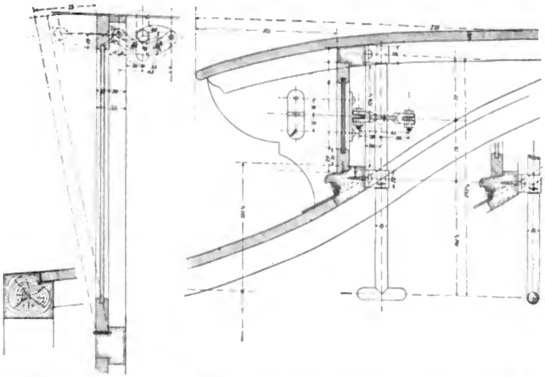
Winkeleisen verstärkt und erforderlichen Falles mit verzierten Winkeln versteift (Textabb. 105). Letztere Anordnung, bei der das Wageninnere ein freieres Aussehen hat, ist indessen nur bei kurzen (etwa 5 m langen) Wagenkasten anwendbar. Bei längeren Wagen müssen einige (2 bis 3) Spriegel des Hauptdaches durchgehen,

[1]) Weiteres hierüber siehe unter Stromabnehmer.

die dann stärker ausgeführt und mit Flach- oder Winkeleisen verstärkt werden müssen (Textabb. 106). Durchgehende Dachspriegel, welche nicht zum Aufbaudache emporgebogen werden, sondern den Aufbau durchschneiden, geben dem Wageninnern ein unschönes Aussehen und werden trotz ihrer grösseren Billigkeit nur vereinzelt ausgeführt.

Die bei nicht durchgehenden Dachspriegeln mitunter verwendeten, verzierten Abspreizstangen zwischen den beiden unteren Langrahmen des Aufbaues wirken nur in wagrechtem Sinne und können einen mit schwachen Langrahmen hergestellten Aufbau gegen senkrechte Durchbiegung nicht schützen. Durch letztere würden aber trotz jener Verbindungsstangen die Seitenwände des Wagens in ihrem oberen Teile auseinandergetrieben (Textabb. 107). In diesem Falle müssten die Seitenwände des

Abb. 108.



Fensterverschluss am Dachaufbaue, ausgef. von Desouches, David & Co., Pantin (Paris). M. 1 : 10.

Aufbaues als Träger auszubilden sein, damit sie die Dachbelastung ohne Durchbiegung aufnehmen.

Eine von deutschen Bauarten abweichende Ausführungsform des Aufbaugerippes zeigt Taf. XLIX, bei welcher die Hauptdachspriegel nach oben gebogen und unmittelbar mit den Aufbauspriegeln verbunden werden.

Der Lüftungsaufbau schliesst meistens mit den Kopfwänden des Wagens ab. Ein besseres Aussehen erhält der Wagen indessen durch die in Amerika übliche Fortführung des Aufbaues über das Plattformdach, auf dessen vorderen Rand er allmählich heruntergezogen wird (Textabb. 69, 73, 76 und 85). Bei grossen Fahrgeschwindigkeiten ist hiermit eine Verringerung des Luftwiderstandes verbunden, dagegen ist die Lüftung wegen des Fortfalles der Vorderfenster weniger ergiebig.

Die Seiten- und Kopfwände des Aufbaues sind mit Fenstern von bunten oder

gemusterten Gläsern versehen. Die Fenster können um die wagrechte oder senkrechte Axe mit entsprechenden Handgriffen gedreht werden (Textabb. 108 und Taf. XLVII); auch leisten Schlitzschieber gute Dienste (Textabb. 106). Der in Taf. XLIII dargestellte Aufbau zeichnet sich durch seine an den Enden nach oben geschwungene Form aus, welche in den Kopfwänden grosse Fenster anzubringen ermöglicht.

Das Dach des Lüftungsaufbaues muss allseitig soweit vorspringen, dass unter keinen Umständen Regen in die geöffneten Oberlichtfenster eindringen kann.

Eine andere, den Dächern der Hauptbahnwagen nachgebildete Dachform zeigt Taf. LXIV. Der Lüftungsaufbau fehlt und ist durch schmale Öffnungen mit Schiebern in den Seitenwänden über den Fenstern ersetzt. Ausserdem sind in das Dach noch Lüftungseinrichtungen (Torpedos etc.) eingesetzt. Der Wagen ist bei gleicher Gesamthöhe luftiger als der Wagen mit Aufbaudächern. Der Dachbau ist einfach und mit geringem Gewichte ausführbar.

Plattformdach. Die Plattformen erhalten in der Fortsetzung des Hauptdaches gewölbte Dächer, deren Rahmen eine Verlängerung des Hauptdachrahmens darstellt. Mit Rücksicht auf leichte Wiederherstellung beschädigter Plattformdächer zieht man es vielfach vor, die letzteren für sich herzustellen und mit ihrem Endspriegel seitlich an die Kopfwand des Wagens zu schrauben. Die Unterstützung der Dächer offener Plattformen erfolgt durch röhrenförmige Säulen, welche bei den auf das Untergestell mittels Gummi- oder Filzzwischenlagen gesetzten Kasten mit dem Dachrahmen nicht fest, sondern durch Hülsen verbunden sind, in denen sie auf- und abgleiten können. Bei geschlossenen Plattformen wird das Dach mit deren Abschlusswänden fest verbunden. Zwischen der Kopfwand und der Säule der etwa vorhandenen kleinen Vorbauten werden kurze Querstücke als Leitersprossen zum Besteigen des Daches eingefügt (Taf. XLV). Auch bringt man solche Aufsteigvorrichtungen mit den an den Kopfwänden befindlichen Handgriffen in Verbindung (Textabb. 63).

Man stellt die **Dachverschalung** aus white wood, bayerischer oder amerikanischer Kiefer (pitch pine) her und schraubt sie in 80 bis 100 mm breiten und 10 bis 12 mm starken, einander 10 bis 12 mm überlappenden Längsbrettern auf die Dachspriegel (Textabb. 105). Die Stossfugen im Dachscheitel benutzt man zum Verlegen der Leitungsdrähte für die Beleuchtung. Die Spriegel bestehen meist aus einem einzigen, gebogenen oder aus mehreren dünnen Brettchen zusammengeleimten Stücke aus Eschenholz. Ganz unzulässig ist die Herstellung dieser Spriegel durch Heraussägen der Bogenform aus dem vollen Holze.

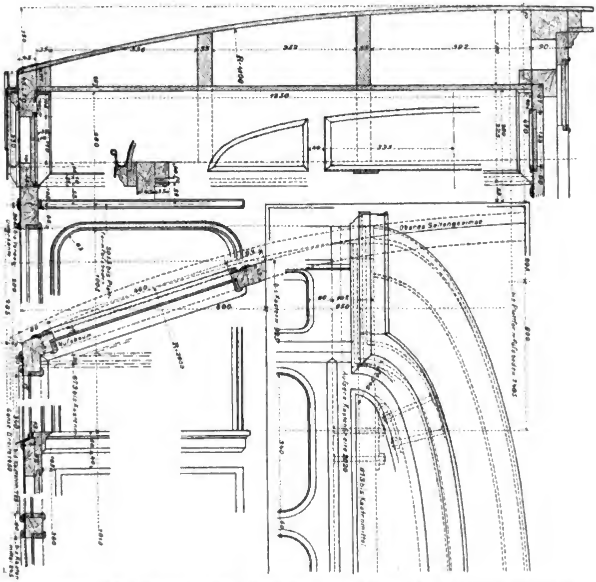
Eine innere Verschalung des Daches (Doppeldach) findet man nur bei besseren Ausstattungen. Sie hält die Sonnenwärme mehr vom Wageninnern ab, erhöht dagegen Gewicht und Preis des Wagens nicht unerheblich und empfiehlt sich deshalb auch nicht bei Bahnen mit starken Steigungen. Textabb. 109 und 110 stellen ein doppelt verschaltes Wagendach mit dessen Rahmen dar. Die innere Dachverschalung wird aus etwa 3 zusammengeleimten, je $1^1/_2$ bis 2 mm starken Brettern hergestellt.

In letzter Zeit wird die einfache Dachverschalung häufig mit einem Belage von Wachstuch oder Linoleum in hellblauer Zeichnung auf weissem Grunde verkleidet. Die Wagendecke lässt sich daher leicht reinigen und bei Beschädigungen wieder herstellen. Diese Sonderverkleidungen sowie das kostspielige Aussuchen

naturlackierter Verschalungsbretter umgeht man durch Anstrich der inneren Dachfläche mit hellen Farben.

Dachbedeckung. Zur Eindeckung des ganzen Wagendaches verwendet man ausschliesslich Segeltuch, weil Blechtafeln die Isolation des Stromabnehmers

Abb. 109.



Querschnitt durch das Plattformdach eines Triebwagens. Ausgef. von der Masch.-Akt.-Ges. Nürnberg. M. 1 : 10.

beeinträchtigen, schwerer sind und mehr Wärme aufnehmen. Das Segeltuch soll in möglichst grossen Stücken aufgebracht werden. Das Dach wird zunächst mit einer Schichte dicker Spachtelfarbe bestrichen, über welche dann das Segeltuch gespannt wird. Nachdem das Tuch stark auf den Belag aufgerieben ist, erhält das Dach noch einen oder zwei Anstriche mit etwas verdünnter Spachtelfarbe. Die Art des Umbördelns des Tuches an den Dachkanten und an den Dachecken ist in Textabb. 105, 106 und 108 angegeben. Um das unmittelbare Begehen des

Dachüberzuges bei der Herstellung der elektrischen Leitungen auf dem Dache und bei der Bedienung des Stromabnehmers zu vermeiden, empfiehlt es sich, zu beiden Seiten des Aufbaues Laufbretter anzubringen (Taf. XLV und XLVI und Textabb. 105).

Die Dachränder werden insbesondere am Lüftungsaufbaue zuweilen mit Zierleisten aus gepressten Zinkblechen eingesäumt, welche indessen das Aussehen keineswegs heben und überdies leicht Verbiegungen erleiden.

Wasserabführung. Das Wasser wird in rings um die Dachkante laufenden Rinnen aus 2 bis 3 mm starken Blech- oder entsprechenden Holzleisten gesammelt und entweder durch die röhrenförmigen Plattformstützen oder durch Wasserabweiser abgeführt. Erstere verstopfen sich leicht durch Laub; letztere sind zweckmässiger; sie sind bei offenen Plattformen am Wagenkasten selbst und zwar mit wenigstens 100 mm Ausladung anzubringen. Um das Herabstürzen des in der Rinne stehenden Wassers über die Plattformdächer beim Anfahren oder Anhalten zu vermeiden, sollen die Rinnen daselbst ein grosses Gefälle und wenigstens 50 mm Höhe haben.

5. d. Fenster.

Die Anordnung der Fenster am Wagen ist schon bei den Wagenbeschreibungen S. 80 und 81) erwähnt worden. Textabb. 109 zeigt einen Schnitt durch ein festes und herablassbares Fenster. Die Fenster werden mit Holz- oder Metallrahmen eingefasst. (Preis des Holzrahmens für ein Fenster 700 × 700 etwa Mk. 10, des Metallrahmens etwa Mk. 45.) Die Holzrahmen müssen an den Ecken gut verzapft und mit eingelassenen, aufgeschraubten Eckwinkeln verstärkt werden. Die Rahmen werden in den Fenstersäulen durch flache Federn dicht an die Aussenfalze gepresst und seitlich zum Schutze gegen Klappern mit etwas hervorstehenden etwa 5 mm starken Filzstreifen eingesäumt. Das Einsetzen der Scheiben in die Rahmen erfolgt unter Zwischenlegung von Gummi oder eingefetteten Tuchstreifen. Letztere sind dauerhafter und billiger.

Neuerdings sind nach dem Vorgange der Hauptbahnen auch bei Strassen- und Lokalbahnen rahmenlose Fenster nach Kühn[1]) in Aufnahme gekommen. Textabb. 110 stellt ein solches Fenster dar, welches lediglich aus einer 8 mm starken mit Broncegriff versehenen, nackten Glasscheibe besteht; dieselbe gleitet in mit Filz ausgefütterten Führungen, und es ist ihr Gewicht durch eine einfache Vorrichtung derart ausgeglichen, dass das Emporziehen des Fensters leicht erfolgt. Der Mehrpreis eines gewöhnlichen Wagens mit Kühn schen Fenstern mit Gewichtsausgleich gegenüber einem Wagen mit Holzrahmen-Fenstern beträgt etwa Mk. 150. Der Vorteil dieser Fenster beruht auf der Unveränderlichkeit, leichten Bethätigung und geringen Zerbrechlichkeit. Die Filzführungen in den Fenstersäulen müssen durch Einfetten gegen Frost geschützt werden.

Unter den herablassbaren Fenstern und Jalousieaufzügen sind Gummipfropfen von 30 mm Durchmesser anzubringen, um das Zerbrechen der Rahmen beim Herabfallen zu verhindern.

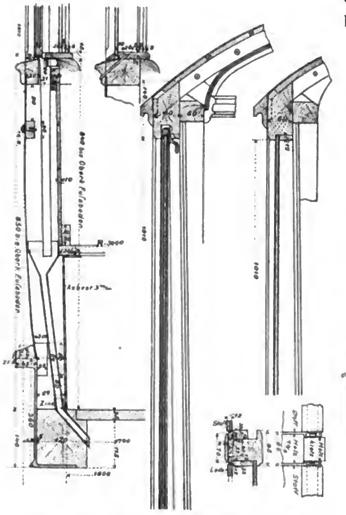
Zur besseren Erhaltung der Wagenheizung, sowie gegen Anlaufen der Scheiben

1) Hergestellt durch die Metallgusswaarenfabrik Nürnberg (Löblein & Krafft).

kann man die Fenster doppelt verglasen, wobei zwischen beiden Scheiben etwa 10 mm Zwischenraum bleibt.

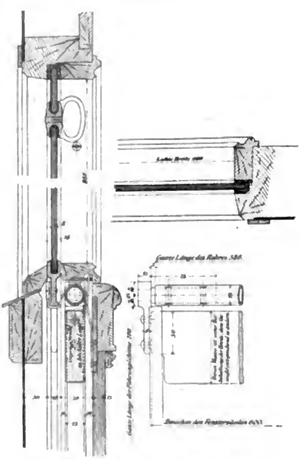
Die Fenster bis zu 700 mm Breite werden mit Glas von 3 bis 4 mm Stärke ausgeführt; bei breiteren Fenstern (z. B. nach Taf. XLIII) geht man bis 8 und 10 mm Stärke. Als Baustoff verwendet man je nach dem Aufwande Doppelglas oder Spiegelglas.

Abb. 109.



Festes und herablassbares Wagenfenster, ausgef. von Van der Zypen & Charlier, Deutz (Köln). M. 1 : 10.

Abb. 110.



Rahmenloses Fenster nach Kühn. M. 1 : 5.

Von grosser Wichtigkeit ist eine gute und hinreichende Abführung des Regen- und Niederschlagswassers bei Fenstern. Während gegen das erstere stark geneigte Fensterbänke schützen, wird das Niederschlagswasser durch in die inneren Fensterbänke eingelassene Rinnen gesammelt und durch eine Röhre nach aussen oder senkrecht hinunter durch den Fussboden geleitet (Textabb. 109).

Schutz gegen Sonne und Luftzug. Als Sonnenschutz verwendet man wollene Rollgardinen mit Springfeder, Schiebegardinen mit Hornringen über Messingstangen oder Stabjalousien. Letztere sind zwar in der Wirkung und Unterhaltung am vorteilhaftesten, dagegen am teuersten in der Anschaffung. Die Stäbe sind wenigstens 5 mm tief in die Rahmen einzulassen; die Rahmen sind mit eingelassenen Eckwinkeln zu verstärken. Gummibuffer sind unterhalb der Jalousien anzubringen.

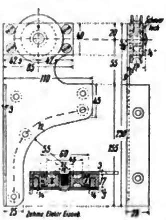
Zur Vermeidung des Luftzuges, der bei Längssitzen besonders empfindlich ist, schliesst man die Fensterschächte mit Deckeln, die zweckmässig mit dem inneren Fensterrahmen verbunden und gegen das Fenster gedrückt werden, oder man verwendet Fenstermäntel aus nicht zu leichten, an die Fenstersäulen angeknöpften, an der ganzen Längswand hinlaufenden Friesstreifen. In einer guten Abdichtung der Fenster selbst mit Tuch- oder Filzstreifen besteht jedoch das beste Schutzmittel gegen Zugluft.

Die Fenster der Kopfwände und verglasten Plattformen werden mit drei 12 mm starken Rotgussstäben gegen Eindrücken gesichert, welche zwecks gleichzeitiger Verwendung als Handgriffe 50 mm von der Scheibe abstehen müssen.

5. e. Thüren.

Die Thüren in den Kopfwänden werden bei europäischen Strassenbahnen stets als Schiebethüren ausgeführt. Sie erhalten meist obere Aufhängung an Rollen (Textabb. 111)[1]) und werden durch Abwärtsneigung der Rollenführung in den Endstellungen selbstthätig festgehalten, sodass besondere Schlösser unnötig werden (s. auch Textabb. 105). Einige Bahnen ziehen trotzdem die Verbindung des Thürgriffes mit einfachen Hakenschlössern vor, damit die Thüren bei starken Wagenschwankungen nicht aufgeschleudert werden oder klappern. Die untere Führung wird durch eine Eisenleiste bewirkt (Textabb. 112)[1]). Der Thürgriff (Textabb. 113 bis 115)[1]) soll an der der Einsteigseite zugekehrten Thürseite angebracht werden. Zum Verschlusse der vorderen Thüren von aussen, welcher zur Vermeidung des Durchganges zur vorderen Plattform bei manchen Bahnen eingeführt ist, wendet man die in Textabb. 116[1]) angegebenen Hakenriegel an.

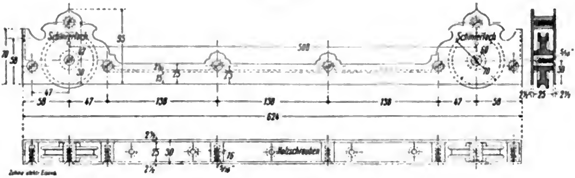
Abb. 111.



Laufrolle zur Thüraufhängung. M. 1 : 5.

In Amerika findet man wegen der grösseren Wagenbreite die elegantere und bequemere, doppelte Flügelthüre. Einige Untergrundbahnen Londons haben gleich-

Abb. 112.



Laufrollen zur unteren Thürführung. M. 1 : 5.

[1]) Nach der Zeichnung der Masch.-Akt.-Ges. Nürnberg ausgef. von der Metallgusswaarenfabrik Nürnberg (Löblein & Krafft).

falls zweiflügelige Wagenthüren (Textabb. 85 und 86). Zwischenwände erhalten gleichfalls Schiebethüren; Flügelthüren müssen hier zur Umgehung der Belästigung der sitzenden Personen unten ausgeschnitten und mit einem Filzstücke ausgefüllt werden (Taf. XLIII).

Die Kopfwand wird auf der die Schiebethüre aufnehmenden Seite doppelt, mit inneren Klappfenstern zur Fensterreinigung ausgeführt. Die Einführung zwischen der

Abb. 113.

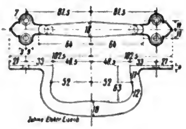


Abb. 114.

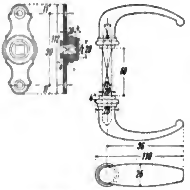
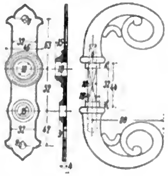


Abb. 115.

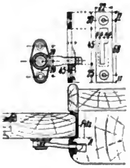


Thürgriffe. M. 1 : 5.

Doppelwand ist, gleich dem die geschlossene Thüre aufnehmenden Schlitze der entgegengesetzten Thürsäule, mit Filz zu verkleiden, um das Klappern der Thüre zu vermeiden (Textabb. 116).

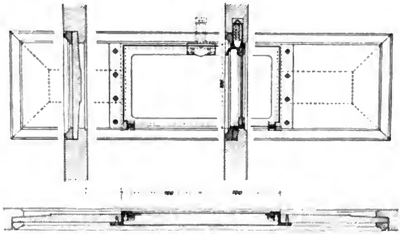
Thüren und Kopfwände werden bei Wagen mit offenen Plattformen stets reichlich mit Glaseinsätzen versehen; bei Wagen mit verglasten Plattformen hin-

Abb. 116.



Thürverschluss. M. 1 : 5.

Abb. 117.



Zahlklappe in der Wagenthüre. M. 1 : 5.

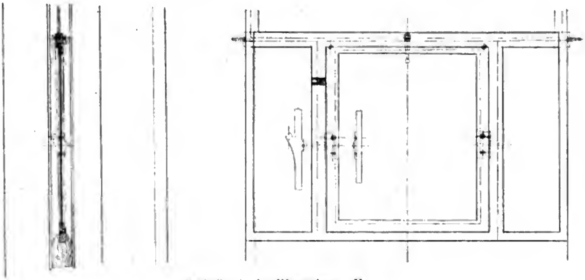
gegen empfiehlt es sich, beide mit Holzfüllungen auszuführen, damit das Innenlicht sich nicht in den Plattformfenstern spiegelt und auf dunklen Strecken dem Wagenführer den Ausblick verwehrt.

In die Wagenthüre wird in Kopfhöhe eine Zahlklappe eingesetzt. Dieselbe kann, in Messing ausgeführt, als Klappfenster unmittelbar in das Glas (Textabb. 118) oder auch in einen hölzernen, das Thürfenster durchquerenden Riegel eingebaut

werden (Textabb. 117). Als Verschluss finden Kugelschnapper oder Vorreiber Verwendung. Die Vorreiber sind auf beiden Thürseiten auf gemeinsamer Achse anzubringen, damit man das Zahlfenster auch von aussen öffnen kann.

Über den Schiebethüren mit oberer Aufhängung ist eine aufklappbare Füllung anzuordnen, damit die Rollenaufhängung der Thüre untersucht und geölt werden kann

Abb. 118.



Zahlteller in der Wagenthüre. M. 1 : 5.

Die Thüren der Lokalbahnwagen werden als Dreh- oder Schiebethüren nach vorbeschriebener oder sich an die Ausführung der Hauptbahnwagen anlehnender Bauart hergestellt.

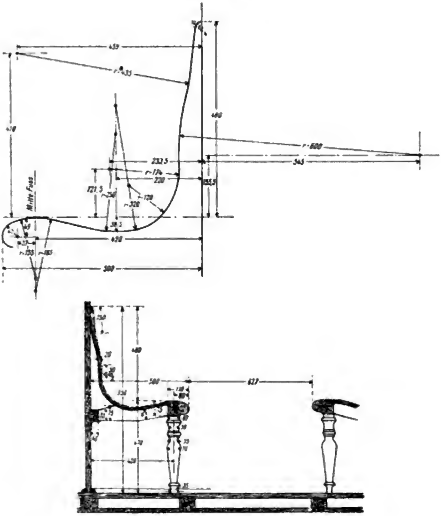
Die Aufhängung der Wagenthüren mittels Nürnberger Scheren ist nicht zu empfehlen. Zweiflügelige Thüren erhalten zweckmässig eine Gewichtsausgleichsvorrichtung sowie eine gegenseitige Verbindung zwecks gleichzeitiger Öffnung beider Thürhälften.

5. f. Sitze.

Das Querprofil eines Sitzes gewöhnlicher Strassenbahnwagen wird auf Taf. XLII bis LI und LXIII bis LXV dargestellt. Textabb. 119 zeigt den Sitz der Wagen der Berliner Stadtbahn. Die Bänke wurden früher zur Verkleidung der unter ihnen angeordneten elektrischen Einrichtungen vorn mit abnehmbaren Einsätzen zwischen den Bankstützen verschalt. Heute bringt man dagegen die elektrischen Teile wie Widerstände, Kabelschläuche, Blitzableiter u. dgl. soweit als möglich unter dem Wagenfussboden an und lässt dann die Bänke unten völlig offen oder man rückt bei etwaiger Aufstellung dieser oder jener Gegenstände unter den Bänken die erwähnten Verschalungen der Bequemlichkeit der Fahrgäste wegen weiter zurück und zieht sie auch wohl nach unten noch etwas ein (Taf. XLIII, XLIV und XLIX). Wenn Heizvorrichtungen unter den Bänken Aufstellung finden, bestehen die Verschalungen aus Rahmen mit Drahtgeflecht oder durchlochtem Bleche (Taf. XLII, Textabb. 135); die Sitze selbst bedürfen in diesem Falle einer mehrfachen Verschalung aus die Wärme schlecht leitenden Stoffen (Holz, Asbestpappe, Kieselguhr).

Bei Speicherwagen mit unter den Bänken angeordneten Speichern ist nicht nur die Bankverschalung sondern auch sorgfältigste Abdichtung der Bänke nach allen

Abb. 119.



Sitzbank der Stadtbahn Berlin. M. 1 : 10 und 1 : 20.

Seiten erforderlich. Taf. LXIII und Textabb. 120 und 99 stellen Bankverschalungen bei Speicherwagen dar. Die Sitze selbst sind meist aufklappbar, um den Zugang zu den Speichern bei der Ladung zu erleichtern. Die Unterbringung der Speicher unter dem Wagenfussboden erschwert zwar ihre Beaufsichtigung, ermöglicht dagegen bequemere Bänke und hält den Wagen von Säuredämpfen völlig frei.

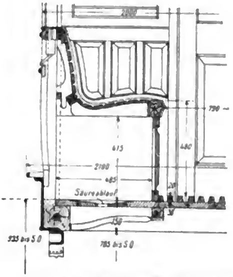
Der eigentliche Sitz wird aus aufgeschraubten, polierten, einfarbigen oder in zwei Farben abwechselnden Latten aus Buchenholz mit abgerundeten Ecken gebildet. Sitze aus durchlochtem Holze sind unzweckmässig. Bei besseren Ausstattungen wird der Lattensitz mit abnehmbaren, auf der Rückseite mit Leder überzogenen Polsterkissen oder mit mehrfach übereinander gelegten Tuchen belegt (Taf. XLII, XLIV und XLIX). Die Sitze und Lehnen der Wagen der Hamburg-Altonaer-Centralbahn sind aus glattem Holze mit aufgeleimten, jeden Platz abgrenzenden

Tuchstücken hergestellt (Taf. XLIII). Vollständig gepolsterte Bänke finden nur bei Luxus- (Direktions- und Salon-) Wagen Verwendung.

Unter den Bänken werden in nicht auffallender Weise ein Werkzeugkasten und die Trichter der Sandstreuer untergebracht.

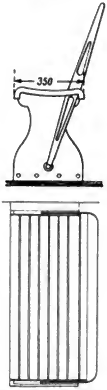
Sitze mit umlegbaren Lehnen sind bei uns nur an offnen Wagen (z. B. Taf. XL, XLVIII und XLIX) in Gebrauch, werden aber bei amerikanischen Bahnen vielfach

Abb. 120.



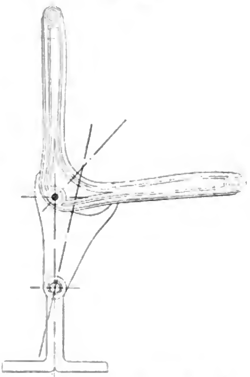
Verschalte Sitzbank des Speicherwagens Hannover. M. 1 : 20.

Abb. 121.



Bank mit drehbarer Lehne. M. 1 : 20.

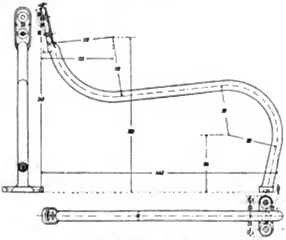
Abb. 122



Klappsitz der Strassenbahn Madrid. M. 1 : 10.

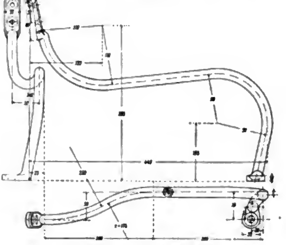
auch in geschlossenen Wagen verwendet. Textabb. 121 giebt eine einfache Bauart einer umlegbaren Lehne an. Nach einer von Zehme angegebenen Bauart wird der ganze Sitz gedreht, sodass Lehne und Sitz miteinander abwechseln (Textabb. 122). Die mit solchen Sitzen zu erzielende Raumersparnis gegenüber den Sitzen, welche nur

Abb. 123.



Gerade Armlehne. M. 2 : 15.

Abb. 124.



Gebogene Armlehne. M. 2 : 15.

umlegbare Lehne haben, geht aus Taf. XXXIX hervor; für diese Bauart ist die Bedingung massgebend, dass alle Sitze des Wagens in der Fahrtrichtung nach vorn gerichtet werden können.

Armlehnen sind, von der Bequemlichkeit abgesehen, bei langen Bänken zwischen je 2 oder 4 oder mehreren Plätzen zur richtigen Platzverteilung vorteilhaft (Textabb. 123). Es genügt indessen in diesem Falle, die Lehnen durch kleine, in geschwungener Form gehaltene Eckwinkel zu markieren (Textabb. 68). Quersitze erhalten zuweilen gebogene Armlehnen (Textabb. 124), um den Längsgang freizuhalten (s. auch Taf. L).

5. g. Ausstattung.

Die Wagen der elektrischen Strassenbahnen erhalten meist eine übertriebene reiche Ausstattung, während die Lokalbahnen sich darin mehr an die Fahrzeuge der Dampfbahnen anlehnen. Die Säulen bleiben natureichen, zu den Füllungen verwendet man Mahagoni, Nussbaum, Ahorn oder Vogeltritt-Ahorn sog. fourniert oder im Ganzen. Bei einfacheren Wagen stellt man die Füllungen aus Pitchpine oder Esche her. Die Füllungen umgiebt man zuweilen mit Zierleisten von dunkler gehaltenen Hölzern. Während man nur bei erstklassigen Ausstattungen die sichtbaren Hölzer poliert, begnügt man sich in allen anderen Fällen mit Lackierungen, wozu jedoch nur bester, kornfreier Lack (Japanlack, englischer Lack) Verwendung finden sollte und eine vorherige leichte Überpolitur zum Ausfüllen der Holzporen erforderlich ist.

Die Wagenbeschläge, Thür- und Fenstergriffe, Vorreiber, Handgriffe und dgl. werden entweder aus Bronze, Rotguss blank oder vernickelt oder aus Eisen hergestellt und im letztern Falle mit Anstrich versehen. Die allerdings am gediegensten aussehenden Bronzebeschläge sind teuer, vernickelte Rotgussbeschläge gefallen vielfach, verlieren aber schnell die Vernickelung. Man verwendet daher meist blanken Rotguss bei guten und Eisen bei einfachen Ausstattungen.

Im Übrigen wurde bereits bei Behandlung der Einzelteile des Wagenkastens auf deren äussere Ausführung hingewiesen.

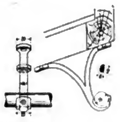
5. h. Sonstige Einrichtungen.

Über den Sitzbänken oder dem Längsgange werden bei Strassenbahnen wegen des verhältnismässig unruhigen Wagenganges in den Krümmungen sog. Laufstangen aus 30 mm starkem Rundholze oder aus Messingröhren angebracht, von welchen aus flachen oder rundgenähten Riemen hergestellte Schleifen zum Anhalten herabhängen. In Oesterreich findet man solche Schleifen auch unter den Plattformdächern, wo sie indessen so hoch aufgehängt werden müssen, dass sie die Köpfe der Fahrgäste nicht berühren. Die Laufstangen werden mit Haltern am unteren Rahmen des Lüftungsaufbaues befestigt (Textabb. 125). Zuweilen verbindet man mit ihnen die Führung der Glockenriemen (Taf. XLIII und XLV).

Bei Lokalbahnen kann man wegen des ruhigeren Laufes der Wagen diese Laufstangen entbehren. Dagegen sind hier und bei Überlandbahnen wegen der grösseren Fahrstrecken Gepäckbretter oder Gepäcknetze erforderlich, welche bei Strassenbahnen in Städten selten und dann auch nur in kleinen Abmessungen ausgeführt werden (Taf. LXIV, LXIII und Textabb. 63).

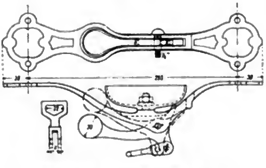
Als Signaleinrichtungen ordnet man auf den beiden Plattformen zur Verständigung des Schaffners mit dem Führer Schlagglocken (Textabb. 126) an, welche unter einander durch einen einfachen oder doppelten (zweiseitigen) Riemenzug oder bei langen Wagen durch eine sich drehende, an den Enden mit Kurbel versehene Spindel verbunden werden und auch vom Wageninnern aus bedient werden können. Elektrische Glocken sind für lange Wagen zwar sehr bequem, verursachen aber grössere Unterhaltungskosten. Die Schlagglocken mit Riemenzug müssen schwere Schlägel haben, damit die Reibung des Riemens in seinen in den Laufstangenhaltern oder unter der Wagendecke angebrachten Führungen (Textabb. 127) überwunden wird und mehrfache Signale schnell nach einander gegeben werden können Die Verbindung der Signaleinrichtung mit den Leinen der Stromabnehmer auf dem Wagendache zwecks leichter Wahrnehmung des Abgleitens der Rollen von der Leitung (Textabb. 128) hat man wegen der damit verknüpften Unzuträglichkeiten

Abb. 125.



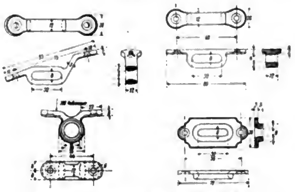
Laufstangenhalter. M. 1 : 5.

Abb. 126.



Signalglocke mit Riemenzug. M. 1 : 5.

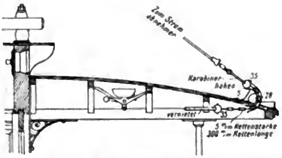
Abb. 127.



Riemenführungen bei Signalglocken. M. 1 : 15.

aufgegeben, indem man die Leinen vom Dache schlaff herunterhängen lässt und ihr Ende mit einem festen Wagenteile verhakt oder verknüpft, wobei für die Bewegung des Stromabnehmers genügend Seillänge frei zu lassen ist.

Abb. 128.



Verbindung des Stromabnehmers mit der Signalvorrichtung. M. 1 : 20.

Durchgehende Signalleitungen bei aus mehreren Wagen bestehenden Zügen geben zu Missverständnissen Veranlassung. Hier kann nur das von Wagen zu Wagen gegebene Signal zuverlässig wirken, wobei der Schaffner des Führerwagens sein Signal zuletzt abgiebt.

Als Warnungs-Signal für die Bahnstrecke dient auf jeder Plattform eine Tretglocke. Die an den Bremskurbelgriffen sitzenden, durch Auf- und Abbewegungen der Hand bethätigten Riedelschen Glocken sind unbequem und beim Bremsen hinderlich; sie haben nur bei einigen österreichischen Bahnen vorübergehend Eingang gefunden. Handglocken sind gleichfalls nicht zu empfehlen.

Lichtsignale werden für Tagesbetrieb in der Form von farbigen Scheiben am Dachrande und bei Dunkelheit als farbig abgeblendete Lichter in den Kopfwänden des Wagenkastens oder der Plattformen angebracht. Diese Lichter sollen mit Rücksicht auf etwaige Stromunterbrechungen oder Lampenbeschädigungen für Petroleum eingerichtet werden. Die in den Kopfwänden untergebrachten Signallampen erhalten oft Doppelspiegel und dienen dann als Notbeleuchtung für das Wageninnere. Die Lampen für die Beleuchtung der Strecke werden entweder auf das Plattformdach oder an das Spritzblech oder bei verglasten Plattformen in halber Höhe an die Vorderwand gesetzt. Dachlampen sind unbequem. Ein Scheuen der Pferde bei tiefhängenden Lichtern findet nicht statt.

Als Streckenangabe dienen seitlich und vorne auf dem Dachrand gesteckte Schilder (Taf. XLII und XLVI), von denen die vorderen bei Dunkelheit durch besondere Lampen, die zugleich zur Streckenbeleuchtung dienen können, beleuchtet werden. Schilder aus Glas mit hinterer Beleuchtung sind teuer in der Unterhaltung. Drehbare Kopfschilder werden entweder nach Taf. XLIII oder Taf. XLIV ausgeführt. Die Schrift der Streckenschilder soll mindestens 100 mm Höhe haben und aus schwarzen Buchstaben auf weissem Grunde bestehen.

Aus wirtschaftlichen Gründen dienen die Wagen der Kleinbahnen vielfach zur Aufnahme von Plakaten. Dieselben sollen jedoch niemals die Aussicht aus den Fenstern verhindern, damit die Fahrgäste sich auf der Fahrstrecke überall zurechtfinden. Plakate werden unter den Dächern und soweit Platz vorhanden an den Wänden mittels Ziernägel befestigt oder in eigens angebrachte Plakatleisten eingesteckt.

Für die Führung der elektrischen Leitungen vom Dache zu den Motoren sowie für die Erdleitung des Blitzableiters ist in allen vier Ecksäulen des Wagens je eine durchgehende Nute vor der Zusammensetzung des Gestelles anzubringen. Für diese, sowie für alle sonstwie im Wagen verlegten elektrischen Leitungen sind Abdeckleisten aus den entsprechenden Holzarten mit Messingschrauben vorzusehen.

Abb. 129.



Weichenstellstange. M. 2 : 15.

Zwecks Wiedereinlegung entgleister Stromabnehmer während der Fahrt sind am Dachrahmen der Plattformen starke Handgriffe und darunter am inneren Schutzbleche herunterklappbare kleine Fusstritte mit Vorreiberverschluss anzubringen.

Zum Besteigen des Daches bringt man zwischen den Dachstützen der Plattformen und den Kopfwänden kurze Sprossen und darüber am Dachrande einen starken Handgriff an (Taf. XLV und Textabb. 63).

Zur Bedienung der Stellweichen des Gleises, welche man an vielen Orten dem Wagenführer überlässt, dienen Weichenstellstangen nach Textabb. 129, welche am inneren Schutzbleche aufgehängt werden und so lang sein müssen, dass der Führer von seinem Platze aus die Weiche erreichen kann.

5. i. Zahlkasten. Selbstverkäufer.

Zahlkasten. Bei den älteren Ausführungen kleinerer, elektrischer Strassenbahnen bestand das Wagenpersonal lediglich aus dem Führer. Die Entrichtung des

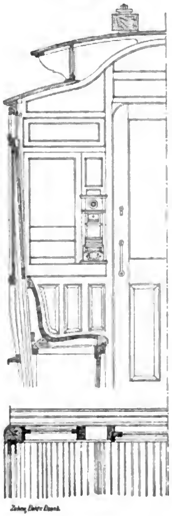
Fahrgeldes erfolgte mittels eines in jede Kopfwand des Wagens eingesetzten sog. Zahlkastens, dessen Beaufsichtigung mit zu den Obliegenheiten des Führers gehörte. Diese Einrichtung wies jedoch bald die Mängel auf, dass es bei gefüllten Wagen schwer fiel, bis zu dem jeweils für die Einzahlung geöffneten, vorderen Zahlkasten zu gelangen und dass der Führer durch die ihm auferlegte Überwachung des Zahlkastens in seiner Aufmerksamkeit für die Fahrstrecke gestört wurde. Ausserdem entging durch nicht gezahlte Fahrgelder der Einnahme ein mehr oder weniger grosser Betrag. Man ging daher allgemein zu der Anstellung von Schaffnern über und schaffte selbst vorhandene Zahlkasten wieder ab. Ob dies nun mit Rücksicht auf die den allgemeinen Erwartungen nicht entsprechende Wirtschaftlichkeit der elektrischen Strassenbahnen richtig war, ist zweifelhaft. Trotz der hier genannten Mängel verdient die Zahlkasten-Einrichtung für kleinere Bahnen, insbesondere diejenigen ohne Umsteigeverkehr, Beachtung.

Die Zahlkasten sind so einzurichten und in die Kopfwände des Wagens einzusetzen, dass man sich ihrer vom Wageninnern und den Plattformen aus bedienen kann. Der Zahlteller, auf den das Geld nach dem Einwurfe fällt, muss vom Führer, also von aussen her, mittels eines Hebels gedreht werden können, im Allgemeinen aber stillstehen, damit der Führer das Geld durch das Fenster erblicken und dann in die Kassette fallen lassen kann. Die letzteren sind doppelt anzufertigen, sodass man eine gefüllte gegen eine leere schnell austauschen kann; sie muss durch das Herausziehen selbstthätig verschlossen und vom Führer ungeöffnet abgeliefert werden.

Textabb. 130 stellt eine Wagenkopfwand mit Zahlkasten[1]) dar.

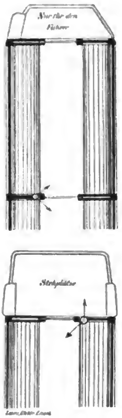
Selbstverkäufer. Mehr Aussicht auf Einführung haben die Selbstverkäufer für Fahrkarten. Sie ermöglichen infolge der Kartenausgabe die Beaufsichtigung in einfacher Weise, wobei ein dazu angestellter Beamter mehrere Wagen übernehmen kann.

Abb. 130.



Einbau eines Zahlkastens. M. 1 : 25.

Abb. 131.



Drehbare Selbstverkäufer. M. 1 : 75.

[1]) Brauchbare Zahlkasten liefert F. E. Baum, Chemnitz.

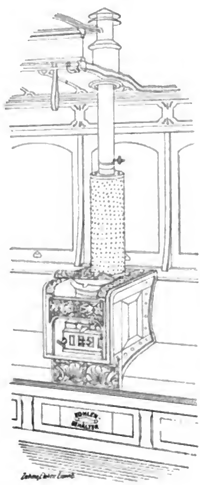
Die Einrichtungen können entweder an Haltestellen oder in den Wagen selbst angebracht werden. Ersteres ist billiger und einfacher, wenn auch etwas umständlicher für die Fahrgäste. Der Umsteigeverkehr lässt sich durch Aufstellung von Selbstverkäufern für alle Fahrstrecken durchführen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass neben der Einrichtung der Kartenausgabe eine solche vorgesehen wird, die in einfacher Weise die Zeit der Ausgabe auf jeder Fahrkarte mittels eines von einem Uhrwerke verstellbaren Stempels durch Schwarzdruck vermerkt. Ausserdem sind die Karten, wie jetzt schon allgemein üblich, fortlaufend zu numerieren. Auf diese Weise wird jedem Missbrauche beim Übergange eines Fahrgastes auf andere Linien vorgebeugt.

Textabb. 131 stellt einen in der Wagenwand drehbar angeordneten Selbstverkäufer dar, welcher sowohl vom Wageninnern als auch der Plattform aus erreicht werden kann und alle Einrichtungen nur einmal besitzt.

5. k. Heizung.

Allgemeines. Die Notwendigkeit der Heizung der Fahrzeuge hängt von der Länge und Fahrzeit der durchschnittlichen Fahrstrecke ab. Vororts-, Überland- und Lokalbahnen können deshalb die Heizung nicht entbehren, bei Strassen- und Stadtbahnen ist sie, soweit eben mit der Wirtschaftlichkeit vereinbar, trotz der kurzen Fahrstrecken wünschenswert. Man findet verhältnismässig wenig Wagenheizung bei Strassenbahnen, weil sie in den behördlichen Verträgen meist nicht vorgesehen ist und sodann, weil sie infolge des lebhaften Wechsels der Wagenbesetzung und des dadurch bedingten häufigen Öffnens der Wagenthüren weniger gleichmässig ausfällt und mehr Anlass zu Klagen giebt als bei Überland- oder gar Lokalbahnen.

Abb. 132.



Amerikanischer Wagenofen.

Die von den Bahnverwaltungen gegen die Heizung angeführten Gründe (Verschlechterung der Luft, Erkältungen, Raumverlust, ungleichmässige Erwärmung u. s. f.) beruhen in der Regel auf Übertreibung der Sparsamkeit und der allen Heizvorrichtungen noch anhaftenden und mit Rücksicht auf den Verkehr im Wageninnern überhaupt nicht fortzuschaffenden Unvollkommenheit. Dass trotz der letzteren eine Wagenheizung bei Strassenbahnen mit gutem, die Allgemeinheit zufriedenstellendem Erfolge durchführbar ist, beweist eine Reihe von Bahnen, von denen hier nur die Strassenbahnen Paris, Strassburg, Nürnberg, Zwickau i. S., Kassel, Kristiania genannt sein mögen.

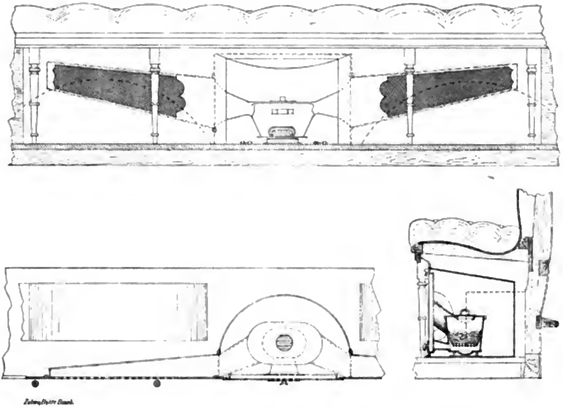
Von allen Heizungsarten kommen für elektrische Bahnen nur die Glühstoff- (Briquette-, Anthrazit-) und die elektrische Heizung in Betracht.

Die Glühstoff-, Kohlen- oder Briquette-Heizung wird mit Öfen bewirkt, die entweder in dem Personenraume selbst und zwar über einer Sitzbank (Textabb. 132[1]) oder unter den Sitzbänken aufgestellt werden. Erstere Aufstellung ergiebt eine weniger örtliche Erwärmung als die letztere, erfordert dagegen den Raum eines Sitzplatzes. Die Abgase werden über das Wagendach geleitet.

Die Anlagekosten eines solchen Ofens betragen einschliesslich der Abzugsrohre und Einbaukosten M 150. Die Heizkosten beliefen sich bei einem Strassenbahnwagen mit 20 Sitzplätzen und offenen Plattformen, einer Aussentemperatur von $- 12^0$ C., einer Innentemperatur von $+ 12$ bis $+ 14^0$ C. 52 Pfg. für den Wagen und Tag. Die Heizung erfolgt mit Anthrazitkohle in gewöhnlicher Weise.

Textabb. 133[2]) stellt eine unter den Sitzbänken aufgestellte Heizung für Glühstoff dar. Eine Abzugsvorrichtung für die Heizgase ist nur bei langen Fahr-

Abb. 133.



Wagenheizung mit Glühstoff. M. 1 : 15.

strecken erforderlich und besteht sodann aus einer von den Heizgasen durchströmten Kammer a (Textabb. 134[2])), die mit nach aussen offenen Röhren b versehen ist, und dadurch den Heizgasen die ihnen noch innewohnende Wärme grösstenteils entzieht. Das Abzugsrohr wird entweder durch das Wagendach ins Freie geleitet und ist dann mit einer Schutzhaube abzudecken oder man führt es seitlich ins Freie

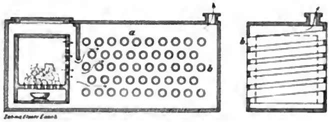
---

[1]) Hergestellt durch die Standard Ry. Supply Co., Chicago; Bezug durch die Deutsche Nähmaschinen-Fabrik von Jos. Wertheim, Akt.-Ges., Frankfurt a. M.

[2]) Deutsche Glühstoff-Gesellschaft in Dresden, A.

und verschliesst die in der Wagenwand befindlichen Abzugsöffnungen mit einem Gitter oder durchlochten Bleche. Die Heizkörper werden im Wageninnern durch gelochte Bleche verschalt. Die Wärme wird vom Wagenfussboden und den Sitzen durch Asbestpappe oder Blechkästen mit Kieselguhrfüllung (Textabb. 135[1])) abgehalten.

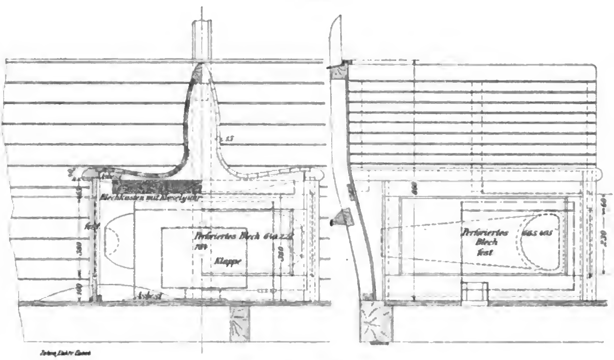
Abb. 134.



Abzugsvorrichtung für die Heizgase.

Für einen Wagen mit 20 Längssitzen genügt ein in Textabb. 133 dargestellter Heizkörper. Die Wärme kann durch die Mengen eingebrachten Glühstoffes geregelt werden. Gewicht eines Heizkörpers rund 17 kg, Preis M 45 für Längs-, M 48 für Quersitze. Abzugsvorrichtung mit Rohren M 10. Brennstoffverbrauch bei einem Strassenbahnwagen mit 20 Sitzplätzen und offenen Plattformen bei mittlerer Wintertemperatur 60—70 Pf. für 1 Wagen und Tag

Abb. 135.



Wagenheizung mit Glühstoff. M. 1 : 15.

Die Bedienung der Heizkörper erfolgt alle 2—3 Stunden.

Fusswärmer, bestehend in länglichen, in den Fussboden eingebauten oder auf denselben beweglich geschobenen Heizkörpern sind in Belgien und Frankreich zur Anwendung gekommen. Die Wärmestrahlung ist, obwohl theoretisch vollkommen, praktisch nicht vorteilhaft, da die Füsse und das Schuhwerk mit den Heizkörpern in unmittelbare Berührung kommen.

Die Anwendung der **elektrischen Heizung** liegt für elektrisch betriebene Bahnen nahe. Diese Heizung besitzt auch allen anderen Heizungsarten gegenüber

[1]) Deutsche Glühstoff-Gesellschaft in Dresden, A.

die Vorteile der Einfachheit, Sauberkeit und des geringen Raumbedürfnisses; dagegen stehen ihr die hohen Heizkosten fast überall hindernd im Wege.

In der elektrischen Heizung vollzieht sich eine vollkommene Verwandlung zweier Arbeitsvermögen, da die Elektrizität ausschliesslich in Wärme umgesetzt wird.

Wenn e und i die Spannung bezw. Stärke des Heizstromes bezeichnen, dann ist dessen Arbeitswert in skgm

$$\frac{e \cdot i \cdot 75}{736} \text{ skgm}$$

Nach einem Satze der mechanischen Wärmetheorie ist der Arbeitswert der Wärmeeinheit

$$1 \text{ we} = 428 \text{ kgm.}$$

Es entwickelt also der sekundliche Arbeitswert

$$\frac{e \cdot i \cdot 75}{736}$$

in der Sekunde

$$\frac{e \cdot i \cdot 75}{736} \cdot \frac{1}{428} \text{ we} \qquad \text{Gl. 13.}$$

Die Erfahrung hat gezeigt, dass zur Erhöhung der Innenwärme eines geschlossenen Triebwagens von 20 Sitzplätzen mit offnen Plattformen, d. h. eines Raumes von 19 bis 20 cbm um 20 bis 25° C. 5 Amp. bei 500 Volt mithin 2500 Watt erforderlich sind. Setzt man diesen Wert in Gl. 13 ein, so ergiebt sich eine sekundliche Wärmemenge von 0,6 we.

Die reinen Heizkosten betragen bei 10 Pf. für 1 KW/Stde. M 3,75 für 1 Wagen und 15stündigen Tag.

Rechnet man eine mittlere Tagestemperatur von — 5°, so bleiben immer noch M 2,50 für 1 Tag und Wagen. Elektrische Heizung ist deshalb schon ohne Hinzuziehung der höheren Verzinsungskosten etwa 3 bis 4 mal teurer als Glühstoff- oder Kohlenheizung.

Die Ausführung der elektrischen Heizkörper erfolgt mittels Widerstände, in deren Belastung stellenweise so weit gegangen wird, dass die Widerstandskörper (Blech, Draht) von der Luft durch Emailleüberzug oder dergl. Hilfsmittel völlig abgeschlossen werden müssen, um ihr Verbrennen zu verhindern. Darin liegt für solche Widerstände die beständige Gefahr der Beschädigung, sodass offene Widerstandskörper den Vorzug verdienen.

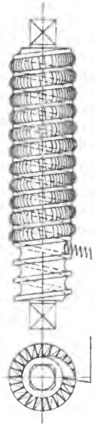
Textabb. 136[1]) stellt eine schraubenförmig gewundene Drahtspirale dar, welche ihrerseits auf einen geeignet geformten Porzellanstab oder auf über einen Eisenstab geschobene Porzellanrollen gewickelt ist.

In Textabb. 137 ist ein Metallband b in glatten schlangenförmigen Windungen um die Porzellanknöpfe a gewickelt. Diese Wickelung ist hier zweifach, je einmal zu beiden Seiten eines L-Eisens, vorhanden, kann aber beliebig oft nebeneinander gesetzt werden. Die beiden Seiten unterscheiden sich durch die Bandstärke, sodass

[1]) S. Eisenbahntechnik der Gegenwart Bd I, S. 682.

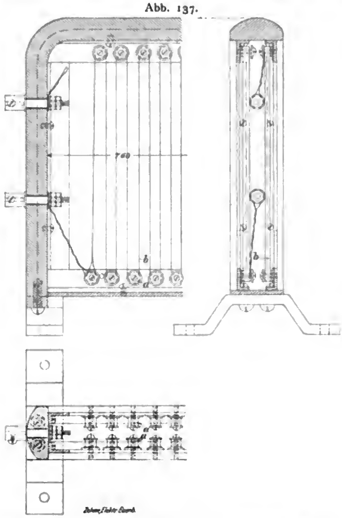
durch Einschaltung beider Wickelungen einzeln oder zusammen (s. Textabb. 138) 3 Heizgrade erreicht werden können. Derartige Heizkörper sind auf der elektrisch

Abb. 136.



Elektrischer Heizkörper.

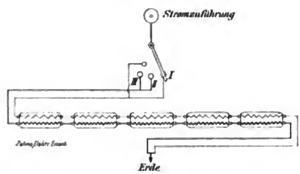
Abb. 137.



Elektrischer Heizkörper von Paul Stotz, Stuttgart. M. 1 : 4.

betriebenen Isarthalbahn der Lokalbahn-Aktien-Gesellschaft München in Betrieb (s. Taf. LXV). Preis für die Vorrichtung eines Wagens, bestehend aus fünf hintereinander geschalteten Heizkörpern zu je 100 Volt und Verbindungsleitung nebst Schalter und Schmelzsicherung M 350 ohne Aufstellung.

Abb. 138.



Heizschalter für 3 Wärmegrade.

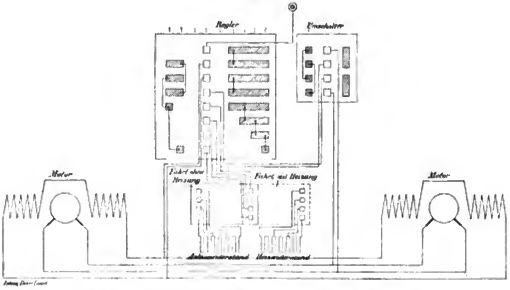
Ähnlich sind die Heizkörper der H. W. Johns Manufacturing Co., New-York eingerichtet. Der Draht ist hier gleichfalls in einer Ebene schlangenförmig gewunden, dagegen werden diese Windungen hier durch quergeflochtene Asbest-Fäden zusammengehalten und als steifes Gewebe in dem äusseren, gusseisernen, zweiteiligen Gehäuse gefasst. Der Draht ist isoliert und das ganze Gewebe nochmals mit geeignetem Lacke überstrichen, zum Zwecke, den mit 8 Amp./qmm

beanspruchten, glühenden Draht von der Luft abzuschliessen. Der Heizkörper ist zwar kleiner und billiger als derjenige von Stotz, dagegen infolge der Notwendigkeit des Luftabschlusses weniger haltbar.

Die Schaltung der Heizkörper erfolgt wie die Beleuchtung neben den Hauptstrom. Es empfiehlt sich schon mit Rücksicht auf gleichmässige Wärmeverteilung mehrere Heizkörper zu wählen und diese hintereinander zu schalten, wobei sie zusammen die Spannung des Betriebsstromes aufnehmen. Die Nebeneinanderschaltung der Heizkörper ist mit Rücksicht auf die hohe Betriebsspannung der elektrischen Bahnen und die immerhin schwierige Ausführung der Heizkörper nicht rätlich.

Einige Bahnen haben den Vorschaltwiderstand des Wagens so eingerichtet und angeordnet, dass er zugleich als Heizwiderstand dienen kann. Dies erfordert

Abb. 139.



Gleichzeitige Verwendung des Fahrwiderstandes als Heizkörper.

für die warme Jahreszeit indessen eine Verlegung des Heizkörpers. Besser ist, wie von R. Schöchli, Zürich angegeben, die Anlage zweier, gesonderter Widerstände, die im bezw. unter dem Wagen angeordnet je nach Bedarf als Heiz- oder Fahrwiderstand nach Textabb. 139 eingeschaltet werden können.

Solche Einrichtungen sind scheinbar einfach, erhöhen aber die an und für sich schon hohen Anlagekosten der elektrischen Wagenheizung.

I. B. Lokomotiven.

Allgemeines. Lokomotiven dienen im Gegensatze zu Triebwagen dazu, andere Wagen fortzubewegen, nicht aber selbst Fördergut aufzunehmen. Ist Letzteres stellenweise dennoch der Fall, so geschieht es lediglich zur Erhöhung des Reibungsgewichtes, und es ist diese Fördermenge im Vergleiche zu derjenigen des Zuges nur gering. Elektrisch angetriebene Fahrzeuge, die für sich allein das Fördergut aufzunehmen imstande sind, werden Triebwagen und nicht Lokomotiven genannt

(s. Textabb. 60), selbst dann noch, wenn sie zeitweise einen oder zwei Anhängewagen mitnehmen.

Die elektrische Lokomotive besitzt vor der Dampflokomotive folgende Vorzüge:

Geringes Baugewicht bei Fernleitung; dasselbe ist niemals grösser als das Reibungsgewicht.

Das Zuggewicht und mithin der Kraftverbrauch auf die fahrende Person sind geringer.

Der Gang ist ruhiger, mithin die Fahrsicherheit grösser und die Gleisbeanspruchung geringer.

Die Motoren können stark überlastet werden.

Die Maschine ist immer betriebsfertig.

Die Unterhaltung ist einfacher und billiger.

Dampf- und Rauchentwicklung fallen fort.

Demgegenüber besitzt die Dampflokomotive vor der elektrischen Lokomotive, von dem unvollkommenen Speicherbetriebe abgesehen, den grossen Vorzug der Selbständigkeit und den der Einfachheit der Bahnanlage. Dieses Übergewicht kommt in der grösseren Beweglichkeit des Betriebes und Fahrplanes, sowie in der grösseren Kriegssicherheit der Dampfbahnen zum Ausdrucke; es ist jedoch nicht stark genug, um die fortschreitende Entwicklung des elektrischen Bahnbetriebes zu hemmen, wobei noch, von Lokomotivbetrieb abgesehen, die dem elektrischen Betriebe eigentümliche Zugbildung mittels Triebwagen vorteilhaft zur Geltung kommen kann.

Die gesamten Betriebskosten sind bei elektrischem Lokomotivbetriebe höher als bei Dampfbetrieb, insofern es sich um ausgedehnte Betriebe handelt. Der erstere kann deshalb mit letzterem nur auf untergeordneten Bahnen in Wettbewerb treten und dort, wo es auf andere Vorzüge als wirtschaftliche ankommt.

B. I. Verwendungsgebiet der Lokomotiven.

Die elektrische Zugförderung kann mittels Triebwagen oder Lokomotiven erfolgen. Einen allgemein geltenden Vorzug besitzt weder die eine noch die andere Zugbildung.

Für den Triebwagen sprechen folgende Eigenschaften:

1. Das Reibungsgewicht kann durch die Verteilung der Motoren an eine entsprechende Zahl von Achsen beliebig gross und zwar bis zum Zuggewichte gewählt werden, während es bei Lokomotiven auf diese allein beschränkt bleibt und bei vorhandenen Bahnanlagen von deren grösstzulässigem Achsdrucke und der Achszahl abhängt. Hieraus leiten sich die schnelle Anfahrt der Triebwagenzüge und die Leistungsfähigkeit der letzteren auf starken Steigungen ab.
2. Die Zuglast und die reinen Zugkosten auf die fahrende Person sowie meist auch die Anschaffungskosten fallen geringer als bei Lokomotivzügen aus, weil trotz der mit einer geringeren Anzahl grosser Motoren verbundenen Gewichtsersparnis bei den Lokomotiven das Fahrzeug und

der in fast allen Fällen notwendig werdende Ballast (s. S. 150) das Gewicht erheblich über dasjenige der elektrischen Einrichtung der Triebwagenzüge erhöhen.

3. Der für das Gewicht des Oberbaues massgebende Raddruck ist kleiner als bei Lokomotivzügen.
4. Die von der Zugkraft abhängige Zuglänge bleibt nicht an bestimmte Grenzen gebunden. Die Anzahl und Belastung der Motoren eines Zuges kann den jeweiligen Zuglasten angepasst werden, wohingegen bei Lokomotivbetrieb die Motorbelastung nur bei einer bestimmten Zuglänge ihr günstigstes Mass erreicht.
5. Der Verschiebedienst gestaltet sich bei Triebwagenzügen in der Regel einfacher als bei Lokomotivzügen, indem bei Anordnung je eines Triebwagens mit Führerstand an den Zugenden das Umsetzen der Lokomotive fortfällt.

Für den Lokomotivzug sprechen folgende Eigenschaften:

1. Die elektrische Einrichtung, deren Bedienung und Regelung fallen bei grossen Zuglängen einfacher als bei Triebwagenzügen aus, weil die Motoren und sämtlichen Schaltvorrichtungen in einem einzigen Fahrzeuge vereinigt sind.
2. Die gesamten Anschaffungskosten sind zwar, wie oben angegeben, meist höher als bei Triebwagenzügen; es giebt aber Fälle, in denen das Gegentheil eintritt, z. B. bei Verwendung einer grossen Anzahl kleiner Motoren in niedrig gebauten Triebwagen. Grosse Triebwagenmotoren in geringer Anzahl haben Vergrösserung der Umgrenzungslinie des Wagens zur Folge, wodurch z. B. bei Untergrundbahnen auch der Querschnitt und die Herstellungskosten des Tunnels sich erhöhen.

Die Wahl unter Triebwagen und Lokomotiven fällt stets auf Lokomotiven,

3. wenn Züge einer Dampfbahn auf eine elektrische Linie übergehen oder auf gewissen Strecken, wo Dampfbetrieb unthunlich ist, z. B. innerhalb der Städte, in Tunneln, auf Hochbahnen u. dgl. ohne Umsteigen der Fahrgäste weitergefördert werden sollen;
4. wenn bei selbständigen Bahnen der Einbau der elektrischen Einrichtung in die Wagen unthunlich oder nicht ausführbar ist, z. B. bei Industriebahnen, Ziegeleibahnen, Grubenbahnen;
5. wenn innerhalb eines Dampfbahnbetriebes die Verschiebung der Wagen, z. B. in Werkstätten, elektrisch erfolgen soll (Verschieblokomotiven).

B. 2. Entwurf einer Lokomotive.

Reibungsgewicht. Bei dem Entwurfe einer Lokomotive geht man von der Berechnung des Reibungsgewichtes aus. Bezeichnet:

L in t das Gesamtgewicht der Lokomotive,

G in t das Gesamtgewicht des angehängten Zuges,

w in kg/t den Bewegungswiderstand für die Lokomotive,
w_1 in kg/t den Bewegungswiderstand für die gezogenen Wagen
μ den Reibungswert für Rad und Schiene,
x den zur Reibung nutzbar gemachten Gewichtsteil der Lokomotive,
so ist:

$$(L\,w + G\,w_1)\frac{1}{\mu} = 1000\,L\,x$$

woraus

$$L = \frac{G\,w_1\frac{1}{\mu}}{1000\,x - w\,\frac{1}{\mu}} \qquad \text{Gl. 14}$$

folgt. Setzt man $w = w_1$ und $x = 1$, so ergiebt sich

$$L = \frac{G\,w\,\frac{1}{\mu}}{1000 - w\,\frac{1}{\mu}} \qquad \text{Gl. 15.}$$

Über die Werte w und w_1 für die Bewegungswiderstände finden sich unter Bestimmung der Motorgrösse weitere Angaben.

Der Wert μ der Reibung zwischen Rad und Schiene hängt ganz von dem Gleiszustande ab. Durch ihn wird die Zugkraft der Lokomotive begrenzt, indem bei ungenügendem Reibungsgewichte der Lokomotive, d. h. zu hoch angenommener Reibung, die Triebräder schleudern. Für die vorläufige Bestimmung des Reibungsgewichtes können nachstehende Reibungswerte Verwendung finden. In wichtigen Fällen sind Versuche anzustellen. Da das Baugewicht elektrischer Lokomotiven meist kleiner als das Reibungsgewicht ausfällt und dadurch Ballast nötig wird, hat man es durch die Bemessung des letzteren in der Hand, das Reibungsgewicht erforderlichen Falles auch noch im Betriebe zu erhöhen.

Erfahrungswerte für die Reibung zwischen Triebrad und Schiene.

Der Reibungswert beträgt bei:

- schlüpfrigen Schienen (z. B. in Lehmgruben, Cementwerken, feuchten Kohlengruben) $^1/_{15}$,
- feuchten, schmutzigen Schienen (Strassenbahnen) $^1/_{10}$,
- nassen, mit Laub bedeckten, sonst reinen Schienen $^1/_8$ bis $^1/_7$,
- feuchten, sonst reinen Schienen $^1/_6$,
- trocknen und reinen Schienen $^1/_5$.

Die Reibung der Räder in Gleiskrümmungen ist etwas geringer als auf gerader Strecke. Die Reibung lässt sich durch Sandstreuen bis auf $^1/_3$ erhöhen.

Man schreibt den elektrischen Fahrzeugen mit Unrecht eine höhere Schienenreibung als den mit Dampf betriebenen Lokomotiven zu. Die vor etwa einem Jahrzehnte aufgekommene Anschauung, dass der Stromübergang zur Schiene als Rückleitung die Reibung infolge der an dieser Stelle auftretenden Wärmeentwicklung erhöhe, hat sich nicht als zutreffend erwiesen; sie würde übrigens eine bisher noch nicht be-

obachtete schnellere Abnutzung der Radreifen bei elektrischem Betriebe mit Schienenrückleitung zur Folge haben müssen.

Diese vermeintlich grössere Zugkraft der elektrischen Lokomotiven im Vergleiche mit den Dampflokomotiven bei bestimmten Triebachslasten und in starken Steigungen beruht nicht auf der grösseren Radreibung, sondern darauf, dass das Baugewicht der Dampflokomotive grösser ausfällt als zur Reibung nöthig ist, während bei der elektrischen Lokomotive ein über das erforderliche Reibungsgewicht überschüssiges Gewicht nicht vorhanden ist. Dass Triebwagenzüge stärkere Steigungen befahren können als Lokomotivzüge, ist einleuchtend und wurde bereits oben (S. 147) angegeben.

Baugewicht. Da bei Lokomotiven ein Raum für Nutzlast nicht vorzusehen ist, fällt die bei Triebwagen für die Unterbringung der elektrischen Einrichtung, der Motoren und Schaltvorrichtung bestehende Raumbeschränkung fort. Die Motoren können grössere Höhe und Ankerdurchmesser erhalten als es bei Triebwagen wegen deren Fussbodenhöhe zulässig ist. Es lassen sich deshalb in Lokomotiven Motoren von grossen Zugräften einbauen, sodass das reine Baugewicht einer Lokomotive unter Einhaltung der durch die Festigkeit aller Teile bestimmten Grenzen im Verhältnisse zu den Zugkräften der Motoren fast immer, selbst bei Antrieb aller Achsen, zu klein ausfällt. Eine Ausnahme hiervon bilden nur die Speicherlokomotiven, sowie kleine Lokomotiven, bei welchen letzteren die Abmessungen mit Rücksicht auf die Festigkeit und Bearbeitung der Einzelteile eine gewisse Grenze nicht unterschreiten dürfen. Hierin unterscheidet sich die elektrische Lokomotive von der Dampflokomotive, bei welcher das Baugewicht grösser als das der Zugkraft entsprechende Reibungsgewicht ausfällt und zur Fortbewegung nur teilweise ausgenutzt wird (Triebachsen und Laufachsen).

Der Fehlbetrag, d. h. der Unterschied zwischen Reibungs- und Baugewicht, kann entweder durch überflüssig starke Ausführung einzelner Teile oder durch Ballast ausgeglichen werden. Die erstere ist nur dann empfehlenswert, wenn es sich um gusseiserne Gegenstände z. B. Oberkasten und nicht um Teile von kostspieligen Baustoffen wie Stahl und Schmiedeeisen handelt; sie ist deshalb nur bei gewissen Lokomotivarten durchführbar (s. Grubenlokomotiven). In der Regel behilft man sich mit Ballast, zu welchem minderwertige Baustoffe Verwendung finden können.

Mit dem nach oben angegebener Weise berechneten, nur vorläufig gültigen Werte des Reibungsgewichtes wird darauf die Grösse des oder der Motoren ermittelt (s. II, A, 1). Hiernach lässt sich unter Zugrundelegung der äusseren Gestalt des Fahrzeuges und des Gewichtes der Motoren und Schaltvorrichtungen das Baugewicht der Lokomotive bestimmen. Fällt dasselbe kleiner als das Reibungsgewicht aus, so bleibt die ganze Rechnung bestehen. Der Gewichtsunterschied ist auf eine der oben angegebenen Arten auszugleichen, wobei das Reibungsgewicht bestimmend ist. Die Achszahl hängt hierbei von dem zulässigen Achsdrucke ab, der bei Klein- und Industriebahnen überall verschieden ist. Fällt er bei einem zwei achsigen Fahrzeuge zu gross aus, so geht man zu einem vierachsigen über. Drei Achsen wählt man wegen der ungleichen Achsdrucke und mit Rücksicht auf die unvorteilhafte Regelung dreier Motoren nicht.

Fällt das Baugewicht grösser als das Reibungsgewicht aus, was nur selten und zwar bei im Verhältnisse zu den äusseren Abmessungen des Fahrzeuges kleinen Zugkräften der Fall ist, so ist die Ermittlung der Motorgrösse unter Zugrundelegung des Baugewichtes zu wiederholen, wobei das letztere, wenn grössere Motoren wahrscheinlich sind, gleich um deren Mehrgewicht zu erhöhen ist. Die Rechnung ist notwendigenfalls so lange zu wiederholen, bis das Baugewicht mit der Motorleistung im Einklange steht. Mit Rücksicht auf das Reibungsgewicht braucht das ganze Lokomotivgewicht nicht zur Reibung herangezogen zu werden. Es hängt nun von der Anzahl der Achsen und Motoren ab, ob man dennoch alle Achsen oder nur einen Teil derselben antreibt. So wird z. B. bei Verwendung zweier Motoren (falls ein einziger zu gross oder im Modell nicht vorhanden) an einem zweiachsigen Fahrzeuge das ganze Lokomotivgewicht zur Reibung ausgenutzt. Fand man hingegen einen einzigen Motor für ein zweiachsiges Fahrzeug ausreichend, so treibt man nur eine Achse an und muss, falls mit dem halben Gewichte des Fahrzeuges das Reibungsgewicht nicht beschafft werden kann, die Triebachse mittels Ballastes oder dadurch mehr belasten, dass man über ihr oder auf der ihr zugekehrten Fahrzeugseite den Führerstand mit seinen Schaltvorrichtungen anordnet. Ein anderes Hülfsmittel besteht in diesem Falle unter Umgehung des Ballastes oder der einseitigen Anordnung in der Kuppelung der beiden Achsen. Dies Mittel ist indessen nicht billig, auch im Betriebe unbeliebt, sodass man es meist vorzieht, die Triebachse künstlich zu belasten oder den Einzelmotor durch zwei kleinere zu ersetzen und beide Achsen anzutreiben in welchem letzteren Falle man eine sparsamere Regelung[1]) anwenden kann und bei Beschädigung eines Motors in dem zweiten eine Aushilfe besitzt.

Bei überschüssigem Baugewichte tritt die Notwendigkeit der vierachsigen Bauart höchstens dann ein, wenn die Achszahl mit Rücksicht auf den zulässigen Raddruck auf vier erhöht werden musste. Man treibt sodann in jedem Drehgestelle nur eine Achse an und erhöht ihre Belastung nötigenfalls durch Verschiebung des Drehzapfens. Derartige Fälle sind indes äusserst selten.

Anzahl der Motoren. Nach Berechnung der gesamten Zugkraft der Motoren ist die Anzahl der Motoren zu bestimmen, die insgesamt dieser Zugkraft entsprechen. Man geht hierbei von der Spurweite aus, von welcher der zwischen den Rädern eines Radsatzes für den Einbau des Motors verfügbare Raum abhängt. Es ist ein Motor zu wählen, welcher diesen Raum thunlichst ausfüllt (Textabb. 141). Aus der Motoreinheit und der gesamten Motorzugkraft ergiebt sich die Motorzahl. Weiteres hierüber wurde unter Baugewicht angegeben.

Genügen zwei Motoren auch bei Anwendung der grösstzulässigen Übersetzung nicht[2]), so ist entweder die Triebachszahl zu erhöhen oder es ist von dem Einbaue der Motoren zwischen die Räder abzusehen und die Verwendung eines oder zweier Gestellmotoren (s. S. 157) ins Auge zu fassen, welche ausserhalb der Räder im Lokomotivgestelle gelagert werden und mittels eines Triebwerkes je eine oder zwei Achsen antreiben (s. Textabb. 148 und 149). Gestellmotoren bedingen besondere Triebwerksanordnungen und werden nur dann der Verteilung der Zugkraft auf mehrere Moto-

[1]) S. Regelung der Motoren.
[2]) S. Triebwerke der Lokomotiven.

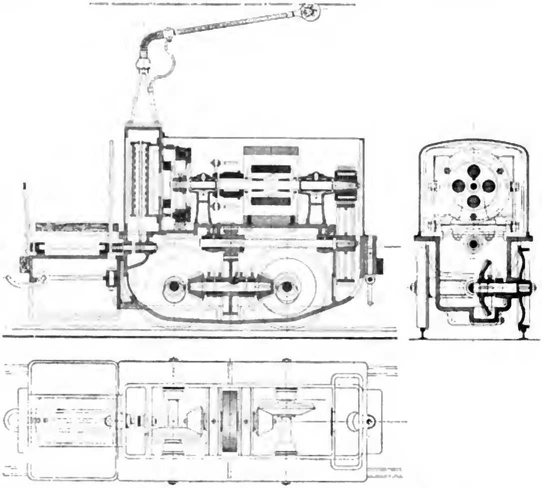
ren vorgezogen, wenn vierachsige Fahrzeuge nicht anwendbar sind, z. B. bei kleinen Lokomotivlängen oder bei Zahnstangenbahnen. Bezüglich des Preises stellt sich diese Bauart auch durchaus nicht immer billiger als die einfache Lokomotive. Weitere Angaben über den Entwurf der Lokomotive in dieser Beziehung finden sich unter Triebwerk der Lokomotiven.

Bei der Bestimmung der Anzahl und Grösse der Motoren ist darauf zu achten, dass der grösstzulässige Raddruck nicht überschritten werde. Die Achszahl ist erforderlichenfalls zu erhöhen.

B. 3. Triebwerk der Lokomotiven.

Bei den kleinen Lokomotiven der Anfangszeit des elektrischen Betriebes setzte man mit Rücksicht auf die kleinen Spurweiten einen Motor auf das Untergestell oder den Rahmen des Fahrzeuges und trieb eine oder beide Achsen mittels eines

Abb. 140.



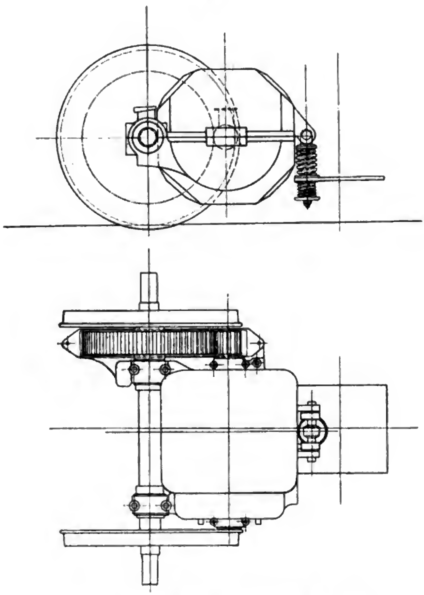
Elektrische Lokomotive älterer Bauart (Schuckert, 1893). M. 1 : 25.

vielteiligen, aus Stirn-, Winkel- oder Kettenrädern zusammengesetzten Triebwerkes an (s. z. B. Textabb. 140). Dieses bedingte meist ungefederte Achsen, die einen harten Gang des Fahrzeuges und häufige Entgleisungen zur Folge hatten sowie das Gleis ungünstig beanspruchten.

Erst mit der allmählichen Übertragung des Lokomotivbetriebes auf Bahnen grösserer Spurweite und schwereren Betriebes gelangte man zur Anwendung besonderer Bahnmotoren, die in die Räder eines Radsatzes eingebaut und mit der Achse in der üblichen Weise durch ein einfaches Zahnräderpaar verbunden werden konnten. Die grosse Vereinfachung der ganzen Bauart der Lokomotive hatte die Ausführung von Schmalspurmotoren für kleinere Fahrzeuge zur Folge, sodass heute selbst für Spurweiten von 400 mm Bahnmotoren gewöhnlicher Bauart in erster Linie in Betracht gezogen werden, ehe man sich aus den oben angeführten Gründen zur Verwendung eines Gestellmotors entschliesst.

Die einfache Stirnradübersetzung (Textabb. 141) findet am häufigsten Anwendung. Man zieht sie in vielen Fällen, selbst bei kleinen Fahrgeschwindig-

Abb. 141.

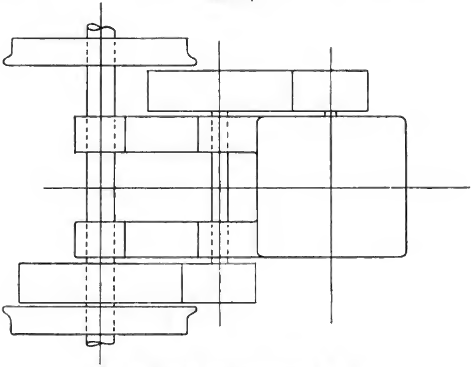


Motor mit einfacher Stirnrad-Übersetzung. M. 1 : 20.

keiten und deshalb kleinen Umdrehungsgeschwindigkeiten, der doppelten Zahnradübersetzung mit kleineren Motoren vor, zumal, wenn die Kosten des zweiten Zahnräderpaares

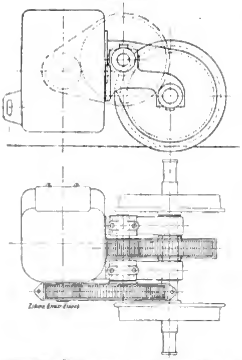
und des zugehörigen Lagerbockes sowie der grösseren Ausführung des Lokomotivrahmens die Mehrkosten der grösseren, langsamer laufenden Motoren aufwie-

Abb. 142.



Motor mit doppelter Stirnrad-Übersetzung. M. 1 : 20.

Abb. 143.



Doppelte Übersetzung zum Einbaue grosser Motoren in kleine Spurweiten (Zahnräder innen). M. 1 : 20.

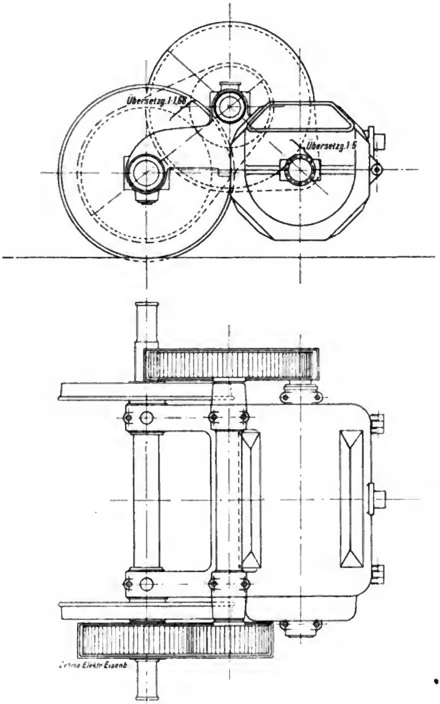
gen. Die doppelte Übersetzung und die schnelllaufenden Motoren verursachen überdies grössere Unterhaltungskosten.

Die doppelte und mehrfache Stirnradübersetzung (Textabb. 142) ist trotz ihrer umstehend aufgeführten Nachteile nicht entbehrlich. Unterschreitet die Fahrgeschwindigkeit eine gewisse Grenze, so würde ein langsamlaufender Motor mit einfacher Übersetzung bald zu teuer und gross ausfallen. Die Vergleichsrechnung giebt diese Grenze in jedem einzelnen Falle an. Es ist hierbei auch auf die äussere Abmessung der Lokomotive d. h. ihre Umgrenzungslinie sowie ihre Länge und ihren Achsstand Rücksicht zu nehmen, da hierdurch zuweilen ein ausgedehntes Triebwerk unmöglich gemacht wird.

Weiterhin ist zu prüfen, ob statt einer doppelten Übersetzung eine dreifache vorteilhaft ist, was z. B. bei einer Lokomotive im Innern von Hütten- oder Walzwerken bei

grossen Lasten und sehr geringen Fahrgeschwindigkeiten der Fall wäre. Ohne Rücksicht auf Erhöhung der Zugkraft bei Verminderung der Geschwindigkeit werden Übersetzungen notwendig, wenn breite Motoren bei kleinen Spurweiten Anwendung finden sollen. Textabb. 143 bis 145 stellen diese Bauarten dar, bei welcher die

Abb. 144.



Doppelte Übersetzung zum Einbaue grosser Motoren in kleine Spurweiten (Zahnräder aussen). M. 1 : 20.

zweite Übersetzung entweder innerhalb oder ausserhalb der Triebräder angeordnet werden kann. Die in Textabb. 144 und 145 angegebenen, erhöhten Anordnungen der Vorgelegewelle ermöglichen geringe Längen der Lokomotiven.

Schliesslich wird die mehrfache Übersetzung auch dann notwendig, wenn bei kleinen Spurweiten und gedrängten Aussenmassen die der Erhöhung der Zugkraft entsprechende Übersetzung nicht genügt, die Achse des Motors mit der Radachse zu verbinden. Ein derartiges Triebwerk wird in Textabb. 145 dargestellt.

Die mehrfache Übersetzung wird entweder in eine den Motor in seiner gewöhnlichen Gestalt aufnehmende Schwinge (Textabb. 145 und 146) oder in einen mit dem Motor

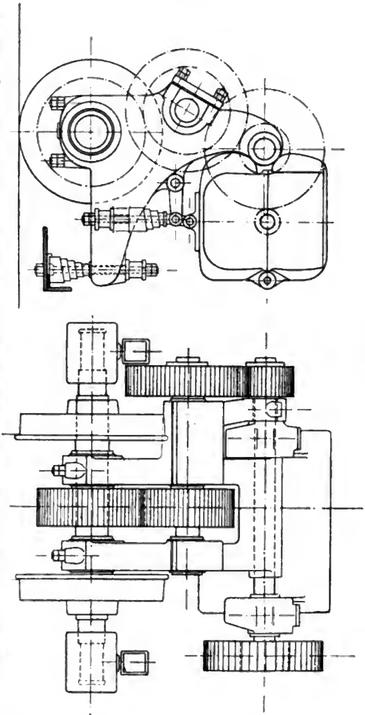


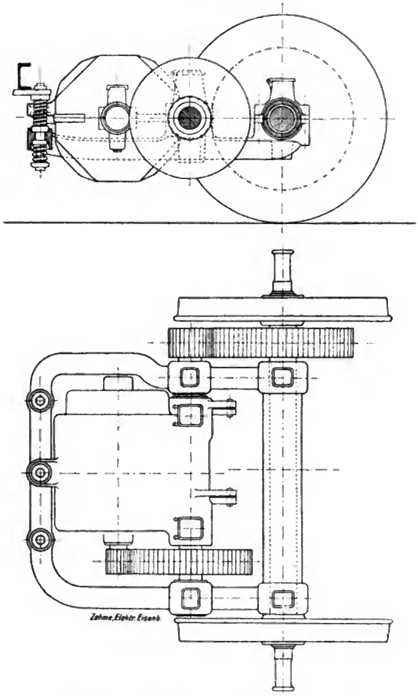
Abb. 145.

Mehrfache Übersetzung zum Einbaue grosser Motoren in kleine Spurweiten (Bauart der Union E.G., Berlin). M. 1 : 20.

vergossenen oder verschraubten Lagerbock eingebaut (Textabb. 144 und 147). Bei Verwendung einer Schwinge bedarf der Motor keiner weiteren Abänderung.

Der Gestellmotor. Bei allen vorgenannten Übertragungen ruht der Motor entweder selbst oder mittels eines die Vorgelegewellen tragenden Rahmens einerseits auf der zugehörigen Triebachse und anderseits mittels eines Federwerkes im

Abb. 146.

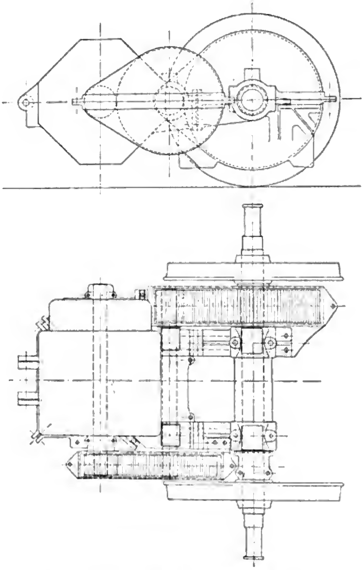


Doppelte Übersetzung mit Schwinge. M. 1 : 20.

Untergestelle. Er kann mithin um die Triebachse schwingen, d. h. unter der Einwirkung der Drehkräfte und senkrechten Lokomotivbewegungen kleine Bewegungen ausführen, wobei alle Zahnradachsen parallel zur Triebachse bleiben und der gute Eingriff der Stirnräder gesichert ist. Der Gestellmotor ruht dagegen, wie sein Name

sagt, ausschliesslich im Gestelle oder Rahmen des Fahrzeuges. Man lagerte in der Anfangszeit des elektrischen Lokomotivbetriebes die Motoren mangels geeigneter Schmalspurmotoren in dieser Weise im Fahrzeuge und trieb die in dem Lokomotivrahmen gleichfalls starr gelagerten Radachsen mittels irgendwelcher Zahnradübersetzungen an. Gestellmotoren wendet man dagegen heute nur bei kleinen Spur-

Abb. 147.



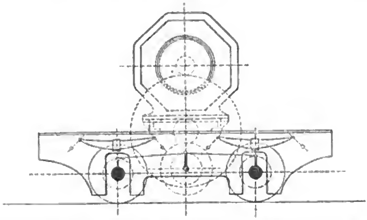
Doppelte Übersetzung mit Lagerbock. M. 1 : 20.

weiten oder sehr grossen Zugkräften an. Die federnde Lagerung der Radachsen im Untergestelle erlaubt hierbei ein ausschliesslich aus Stirnrädern bestehendes Triebwerk des Zahneingriffes wegen nicht mehr, sodass man zu Triebstangen greifen muss. Textabb. 148[1]) stellt eine solche Lokomotive mit Gestellmotor dar. Die Kraft wird mittels Stirnräder auf eine Verteilungswelle und von dieser durch Triebstangen auf

[1]) S. Eisenbahntechnik d. Gegenw., Bd. I, S. 692, Textabb. 1017.

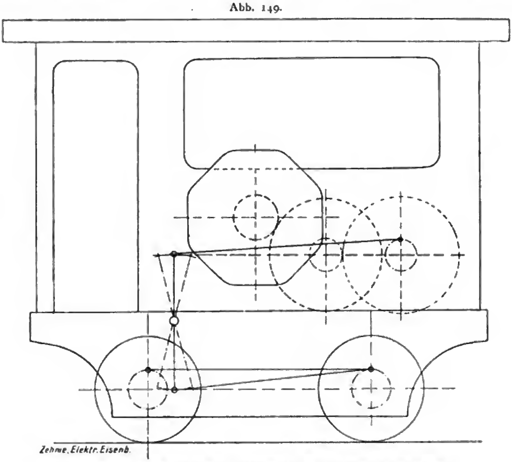
die Radachsen übertragen. Textabb. 149 zeigt eine ähnliche Bauart, bei welcher jedoch ein schwingender Hebel zwischen Motor und Triebstange angeordnet ist.

Abb. 148.



Gestellmotor mit nachgiebigem Triebwerke für abgefederte Radachsen (Bauart Kraus, München).

Abb. 149.



Gestellmotor mit nachgiebigem Triebwerke für abgefederte Radachsen.

B. 4. Ausführung der Lokomotiven.

4. a. Lokomotivrahmen. Untergestell.

Die Lokomotivrahmen werden aus Formeisen, weniger aus Blechen zusammengesetzt. Das gegen Stösse wenig widerstandsfähige Gusseisen findet selten und nur bei kleinen Lokomotiven z. B. für Grubenbetrieb Verwendung.

Die Achsbuchsführungen sind mit breiten Gleitbacken zu versehen. Die Achsbuchsen selbst erhalten tief eingesetzte Lagerschalen mit Weissmetallausguss. Lenkachsen sind nur bei kleinen Zugkräften verwendbar, die der Einstellung nicht zu sehr entgegenwirken. Bei grossen Zugkräften ergiebt sich meistens auch eine grössere Anzahl von Motoren und daher ein vierachsiges Fahrzeug. Ausgleichshebel an zweiachsigen Fahrzeugen sind bei mindergutem Gleise oder hohen Achsdrucken nützlich, sonst aber wegen der höheren Anschaffungskosten nicht ratsam.

Der Achsstand soll innerhalb der für die Gleisbogen zulässigen Grenzen[1]) möglichst gross sein, insbesondere bei hochliegenden Zug- oder Stossvorrichtungen, z. B. bei Verschiebelokomotiven für Hauptbahnwagen und kleinen Radsätzen.

Die Bremse soll auf alle Achsen wirken. Der Bremsantrieb erfolgt bei kleinen und mittelgrossen Maschinen mittels Klinkenhebels, auch Exterschen Wurfhebels, bei grossen Maschinen dagegen mittels Schraubenspindel und Handrades. Luftbremse und elektrodynamische Bremse werden zuweilen bei Zugförderungen vorgesehen. Erstere sind auch bei Zugtrennungen wirksam und beanspruchen den Motor nicht im Gefälle und beim Anhalten.

Die Zug- und Stossvorrichtungen haben denen der Wagen zu entsprechen und werden bei Neuanlagen stets als Mittelbuffer ausgeführt. Bei kleinen Gleiskrümmungen sind die Zugstangen der besseren Anschmiegung an die Gleisaxe wegen im wagrechten Sinne drehbar anzubringen (s. S. 69 bis 71).

Bahnräumer sind an den Lokomotivenden anzubringen. Es genügen hierzu senkrecht zur Längsachse gestellte Winkeleisen, die an den Kopfträgern des Untergestelles in der Höhe verstellbar angeschraubt werden. Schienenbesen erfüllen hier ebensowenig wie bei den Triebwagen der Strassenbahnen ihren Zweck. Bei den auf allgemein befahrenen Strassen verlegten Bahnen sind die Bahnräumer kiel- oder bogenförmig und mindestens 200 mm hoch auszuführen.

Schutzverkleidungen sind bei in Strassen laufenden Lokomotiven ringsum das Untergestell herum anzuordnen. Um durch sie den Einblick in das Untergestell und Triebwerk nicht zu hindern, führt man die Schutzwände in der Form von Gitterrahmen, welche die freien Räume der Seitenrahmen ausfüllen, aus.

Triebstangen und Kuppelstangen werden wie bei Dampflokomotiven ausgebildet. Zweiteilige Stangenköpfe sind veraltet. Man führt die Lagerschalen als Buchse mit Weissmetallausguss aus oder bringt letztern unmittelbar in die Bohrung des Stangenkopfes, unter Weglassung einer besonderen Lagerschale ein.

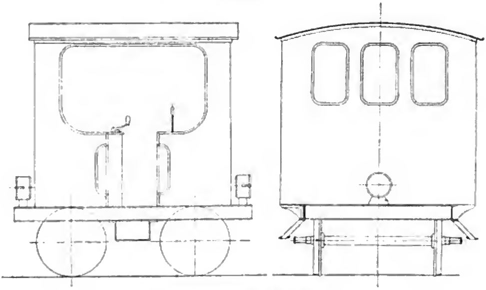
4. b. Oberteil der Lokomotiven.

Das Oberteil der Lokomotiven, der Lokomotivkasten, dient zunächst zur Aufnahme des Führerstandes nebst dessen elektrischer Einrichtung, sodann zur Unterbringung des Ballastes, Werkzeugkastens u. dgl. sowie bei Speicherbetrieb der Speicher und ihrer Behälter. Kleine Lokomotiven erhalten einen kastenförmigen Aufbau über dem ganzen Untergestelle (Textabb. 150), während grosse Fahrzeuge nach amerikanischem Muster zu beiden Seiten des in der Mitte angeordneten Führerhauses abgeschrägte Kammern erhalten (Textabb. 151).

[1]) Siehe S. 4.

Führerstand. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ordnet man den Führerstand in der Mitte des Fahrzeuges an und legt seinen Fussboden unmittelbar auf die

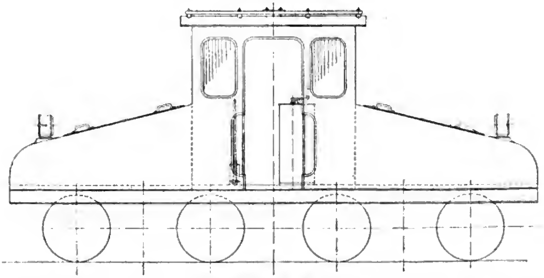
Abb. 150.



Lokomotivoberteil. M. 1 : 50.

Seitenträger des Lokomotivrahmens. Bei gedrückter Bauart vertieft man den Führerstand zwischen genannten Trägern, die in diesem Falle bei entsprechender Federanord-

Abb. 151.



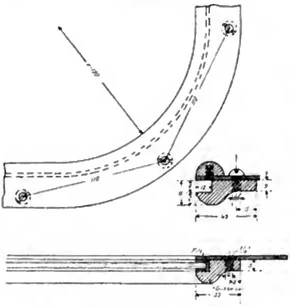
Lokomotivoberteil. M. 1 : 50.

nung möglichst tief zu legen sind, oder man legt ihn an ein Ende des Fahrzeuges, wo der Aufstieg von den Längsseiten und der Stirnseite aus erfolgen kann.

Überdachungen werden überall vorgesehen und höchstens bei Lokomotiven in trocknen Bergwerken fortgelassen. Grosse Fahrzeuge und solche, welche der Witterung stark ausgesetzt sind, erhalten völlig geschlossene Führerkammern. In den Stirnwänden muss mindestens ein Fenster zum Öffnen eingerichtet sein. Textabb. 152 stellt den Rahmen eines Lokomotivfensters dar.

Die innere Einrichtung des Führerstandes besteht vor allem aus Regler und Bremse; ersterer zur linken, letztere zur rechten Hand des Führers. Die bei Triebwagen üblichen Doppelausführungen der Regler und Bremshebel sind bei Lokomotiven unbequem und unnötig. Sie sind nur dort am Platze, wo die Lokomotive ein besonderes Abteil etwa für Bahn- und Fabriksmannschaft oder für Gepäck u. dgl. und deshalb zwei Führerstände erhält.

Abb. 152.



Rahmen für Lokomotivfenster. M. 1 : 3.

Der Führer erhält seinen Platz zwischen dem Regler und der Bremse derart, dass er quer zur Fahrtrichtung blickt und von diesem festen Standorte aus die beiden Fahrtrichtungen durch einfache Kopfdrehung zu übersehen vermag. Hebelbremsen sollen nach dem Führer hin angezogen werden. Handausschalter, selbstthätiger Höchststromausschalter, Bleisicherung und Sandstreuer sind im unmittelbaren Bereiche des Führers anzuordnen. Strom- und Spannungsmesser erleichtern dem Führer die Überwachung und Regelung seines Fahrzeuges; sie sind in Kopfhöhe, gegenüber dem Führer anzubringen. Die Länge des Führerstandes, in der Längsrichtung des Fahrzeuges gemessen, soll mindestens 0,8 m betragen. Der zu beiden Seiten des Führerhauses verbleibende Raum wird zur Unterbringung der Widerstände, Sandstreuer, Werkzeugkasten u. dgl. benutzt und durch nach den Enden des Fahrzeuges hin abgeschrägte Kammern überdacht, welche dem Führer den Ausblick auf die Gleise möglichst wenig verwehren. Bei Speicherlokomotiven werden diese Seitenkammern zur Unterbringung der Speicher benutzt und aus Holz hergestellt, während man für Lokomotiven mit Fernleitungsbetrieb hierzu sowie zum Führerhause selbst Formeisen und Blech verwendet. Hat das Führerhaus auf seinem Dache Stromabnehmer zu tragen, so bedarf es ausreichender Versteifung, welche mit den Blechtafeln allein nicht zu erreichen ist.

4. c. Beispiele ausgeführter Lokomotiven.

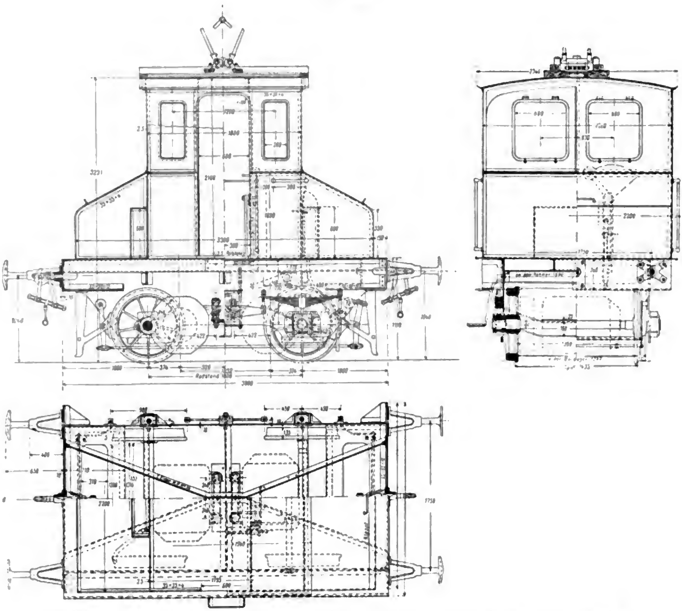
1. Zweiachsige Lokomotive (Textabb. 153) für die Anschlussbahn der chemischen Fabrik Union Glienken in Stettin, ausgeführt von der E.-A. vormals Schuckert & Co., Nürnberg. Zugkraft an den Triebrädern 1200 kg, Reibungsgewicht 8,0 t, grösste Fahrgeschwindigkeit 20 km Stde. Jede Achse wird von einem gewöhnlichen Bahnmotor mittels einfacher Zahnradübersetzung angetrieben. Stromzuführung (Gleichstrom) mittels Umkehr-Stromabnehmers durch oberirdische Leitung.

2. Zweiachsige Lokomotive für hohe Zugkraft und geringe Fahrgeschwindigkeit, ausgeführt von der Union E.-G., Berlin (Textabb. 154). Zugkraft

an den Triebrädern 1500 kg, Reibungsgewicht 10,0 t, grösste Fahrgeschwindigkeit 10 km/Stde. Jede Achse wird von einem gewöhnlichen Bahnmotor mittels dreifacher Stirnradübersetzung angetrieben. Gleichstrombetrieb mit oberirdischer Stromzuführung und Umkehr-Stromabnehmer.

3. Vierachsige Lokomotive der Lokalbahn Karlsruhe-Ettlingen, ausgeführt von der Union E.-G., Berlin (Textabb. 155). Zugkraft an den Triebrädern

Abb. 153.

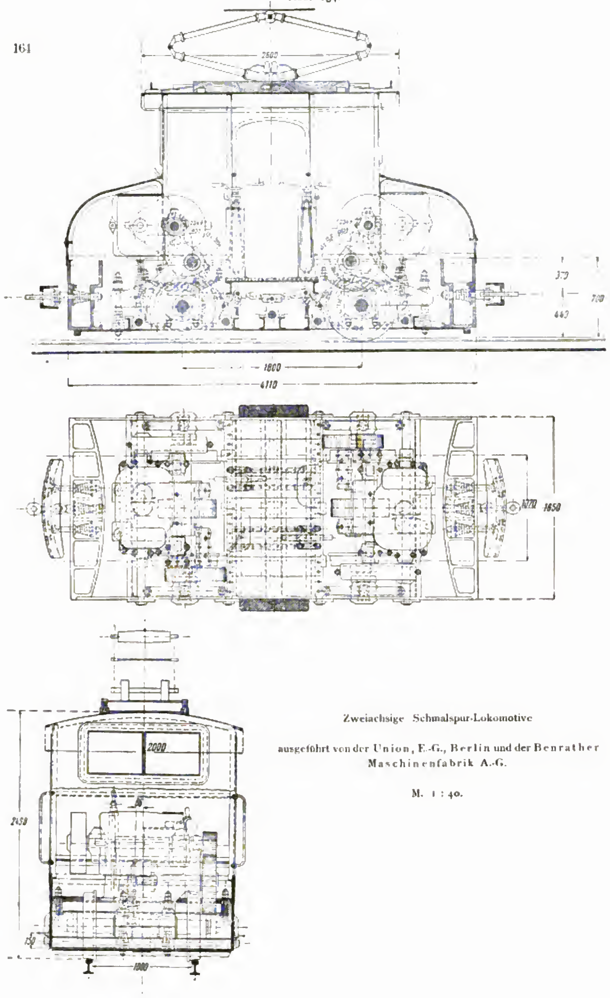


Zweiachsige Verschiebe-Lokomotive, ausgeführt von der E.-A. vormals Schuckert & Co., Nürnberg. M. 1 : 50.

2000 kg, Reibungsgewicht 14,0 t, grösste Fahrgeschwindigkeit 30 km/Stde. Jede Achse wird von einem gewöhnlichen Bahnmotor mittels einfacher Stirnradübersetzung angetrieben. Der Ballast ist in der Form schwerer, massiver Seitenschilder des Untergestellrahmens aus Rippenguss ausgeführt. Gleichstrombetrieb mit oberirdischer Stromzuführung und Bügel.

4. Vierachsige Lokomotive der Central-London Ry, ausgeführt von

Abb. 154.



Zweiachsige Schmalspur-Lokomotive

ausgeführt von der Union, E.-G., Berlin und der Benrather Maschinenfabrik A.-G.

M. 1 : 40.

der General Electric Co., Schenectady, V. St. A. (Textabb. 156). Zugkraft an den Triebrädern 4500 kg, Reibungsgewicht 43 t, grösste Fahrgeschwindigkeit 50 km Stde. Jede Achse wird von einem Achsenmotor, also ohne Übersetzung, angetrieben. Die Stromzuführung (Gleichstrom) erfolgt mittels der sog. dritten Schiene, die in der Mitte jedes Gleises auf hölzernen Querschwellen gelagert ist.

Die Lokomotive besitzt mit Rücksicht auf die Eigenart der Bahn als Untergrundbahn geringe Höhe. Die kurzen, unzulänglichen Federn über den Achsbuchsen mussten bei Einbringung der Maschinen in den Tunnel entfernt werden, da es sich zeigte, dass die Lokomotive die vorgeschriebene Umgrenzungslinie überschritt. Hierdurch und infolge der fehlerhaften, starren Auflagerung der Motoren auf den Achsen [1]), werden die starken Erschütterungen hervorgerufen, die sich selbst in den Häusern der über dem Röhrenzuge liegenden Strassen fühlbar machen. Durch den Einbau weicher, langer Achsenfedern, abgefederter Wiegen unter den Lokomotivkästen und durch Anwendung einer schwingenden Motoraufhängung [1]) liessen sich die Ursachen dieser Erschütterungen beseitigen [2]).

5. Vierachsige Lokomotive der Orléans-Bahn, Paris Taf. LXVI, gebaut von der General Electric Co., Schenectady, V. St. A. Inbetriebsetzung 1900. Reibungsgewicht 45 t, grösste Fahrgeschwindigkeit 50 km Stde.

Diese Maschinen dienen zur Verbindung des neuen Bahnhofes am Quai d'Orsay im Innern der Stadt Paris mit dem alten Bahnhofe Austerlitz der Orléansbahn. Die 3,8 km lange Strecke liegt mit Ausnahme eines kurzen Teiles unterirdisch und besitzt Steigungen von 5 und 11 ‰. Die Zuglasten betragen ausschliesslich der Lokomotive 150, 200 und 300 t.

Im Führerhause sind angeordnet: ein Regler a mit Widerständen b, Strom- und Spannungsmesser, ein Hand- und ein selbstthätiger Ausschalter und eine elektrisch angetriebene Luftpumpe c für die Wenger sche Luftdruckbremse und die Warnungspfeifen d.

Jede Achse wird mittels einfacher Zahnradübersetzung durch einen auf ihr mit einem Ende gelagerten Motor G E 65 angetrieben. Die Motoren besitzen eine Stärke von 125 KW, vermögen aber in besonderen Fällen 600 Amp. bei 550 Volt aufzunehmen. Ihr Wirkungsgrad beträgt bei 300 Amp. 86% einschliesslich des Verlustes in den Zahnrädern. Die Stromzuführung (Gleichstrom) erfolgt auf der Strecke mittels dritter Schiene und in den Bahnhöfen wegen der Gleisbegehung durch oberirdische Leitung.

Mit dieser Maschine ist die Ausbildung des Antriebes und Fahrzeuges der von dem gleichen Werke gelieferten, bekannten Lokomotive der Baltimore & Ohio Ry [3]) endgiltig aufgegeben worden und es sind von letzterer nur die für den

[1]) Siehe Motor-Aufhängungen.

[2]) Nach Drucklegung obigen Textes ist man zur Verbesserung der Verhältnisse im angegebenen Sinne geschritten. Die neuen Lokomotiven erhalten je 4 Zahnradmotoren üblicher Aufhängung und reichlichere Federung. Die alten Lokomotiven sollen entsprechend umgeändert werden. Es dürfte indes selbst die neue Federanordnung immer noch nicht genügen, auch wäre bei der Motoraufhängung die Short sche Schwinge am Platze, die einen besonderen Raum in axialer Richtung nicht beansprucht.

[3]) S. Eisenbahntechnik der Gegenwart Bd. I, S. 691; Inbetriebsetzung dieser Maschine 1895.

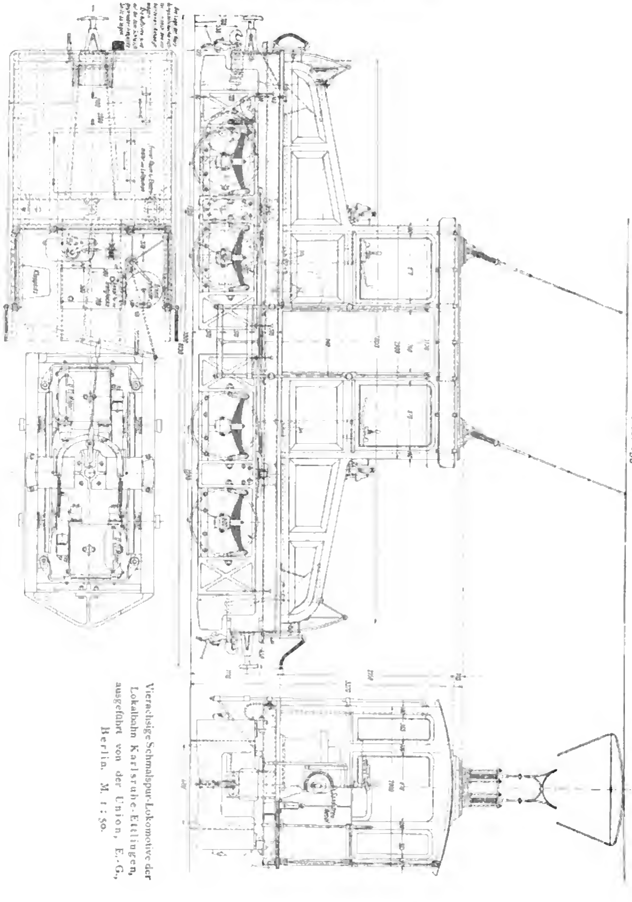
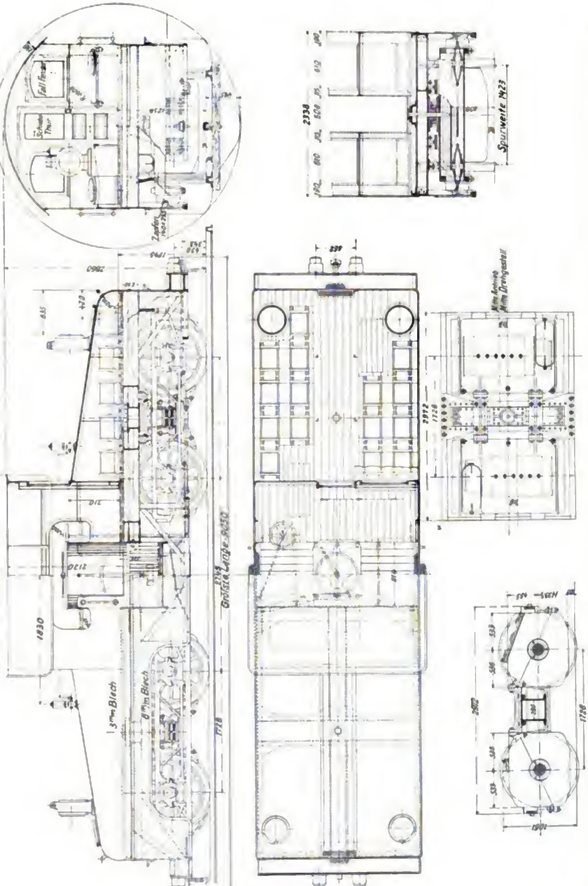


Abb. 155.

Vierachsige Schmalspur-Lokomotive der Lokalbahn Karlsruhe-Ettlingen, ausgeführt von der Union, E.-G., Berlin. M. 1:50.

Abb. 156.



Vierachsige Lokomotive der Central London Ry (Untergrundbahn). Erste Bauart. Ausgeführt von der General Electric Co., Schnenectady V. St. A.
M. 1 : 60.

Bau grösserer elektrischer Lokomotiven allgemein als Vorbild dienenden Umrisslinien des Oberteiles übrig geblieben.

6. Zweiachsige Verschiebelokomotive mit Speicherbetrieb der Anschlussbahn der E.-A. vormals Schuckert & Co., Nürnberg (Textabb. 157), ausgeführt von diesem Werke. Zugkraft an den Triebrädern 1500 kg, Reibungsgewicht einschliesslich der Speicher 23 t, Fahrgeschwindigkeit 15 bis 20 km/Stde.

Die Speicherreihe von der Bauart der Acc.-Fabr-Aktienges. Berlin (Tudor) besteht aus 280 Elementen III GO 70 im Gesamtgewichte von 8700 kg und besitzt neu bei 500 Volt Entladespannung eine Leistung von 150 Amp./Stdn. Die Lokomotive versieht mit einer Ladung den ganzen Tagesdienst, bestehend in 6 Hin- und Zurückfahrten über die 2 km einfach gemessene Strecke mit Zügen von 6 Staatsbahn-Lastwagen von je 16 t Bruttogewicht.

Die Speicher sind zu beiden Seiten der Führerkammer nach einer von Zehme angegebenen Weise in starken Holzkästen derart aufgestellt, dass in der Längsmitte des Fahrzeuges ein Gang freibleibt, sodass die Speicherbehälter nach Aufklappen der Deckel ringsum begangen werden können, was zur Unterhaltung der Speicher wesentlich ist. Die Entlade-Spannung, d. h. Zahl der Elemente, musste mit Rücksicht auf spätere Einführung gemischten Betriebes (Hochleitung und Speicher) zu 500 Volt gewählt werden. Der Achsstand musste sich nach den Drehscheiben richten, die Achsen sind als Lenkachsen A4 des V. D. E. V. ausgeführt.

7. Zweiachsige Verschiebelokomotive für die Untergrundbahn Waterloo and City Ry, London, ausgeführt von Siemens Brothers, London (Textabb. 158). Zugkraft an den Triebrädern bei 400 Amp. Stromverbrauch 2750 kg Grösste Fahrgeschwindigkeit 12 km Stde. Die Lokomotive dient zum Verschieben der Wagen im Bahnhofe. Jede Achse wird durch einen Motor mittels einer einfachen Zahnradübersetzung 1:5 in gewöhnlicher Weise angetrieben. Die Stromzuführung erfolgt durch dritte Schiene und Gleitschuhe.

B. 5. Grubenlokomotiven.

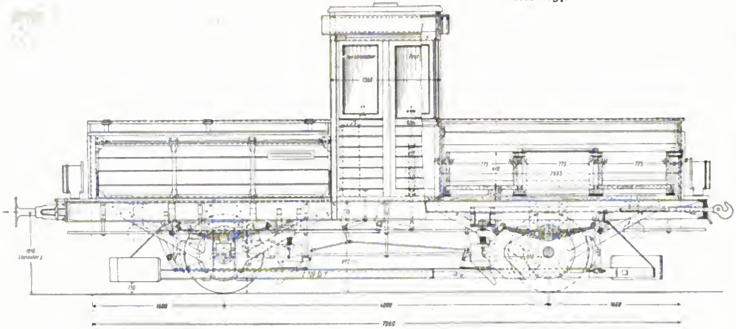
5. a. Berechnung und Ausführung.

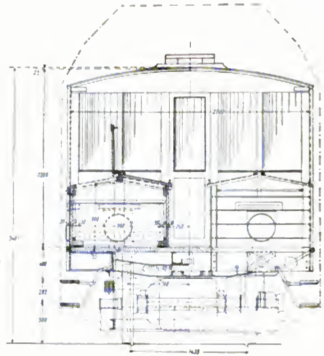
Wie schon unter Verwendungsgebiet der elektrischen Lokomotive[1]) bemerkt, ist bei selbständigen Bahnen, bei denen der Einbau des elektrischen Antriebes in die Wagen unthunlich oder nicht ausführbar ist, Lokomotivbetrieb am Platze. Zu diesen Anlagen gehören die Grubenbahnen, bei denen die Eigenschaften des elektrischen Betriebes: geringes Raumbedürfnis, Einfachheit und Reinlichkeit sehr zur Geltung kommen und der elektrische Betrieb gegenüber dem Pferde- und Seilbetriebe meist billiger ist.

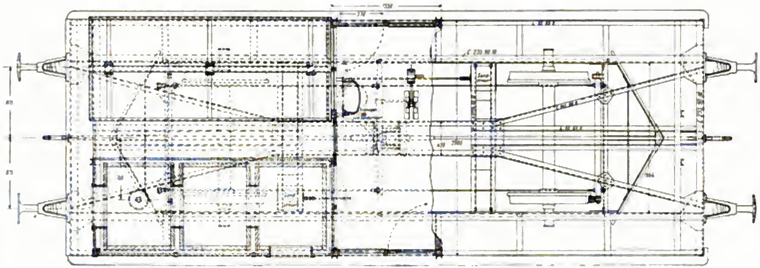
Wenn auch die elektrische Zugförderung schon eine ansehnliche Anwendung in Bergwerken gefunden hat, so wird doch heute noch der grösste Teil aller Betriebe in Kohlengruben durch Pferde bewirkt. Der Grund gegen die allgemeine Einführung des elektrischen Betriebes liegt in den bei Schlagwettern zu befürchtenden Gefahren. In allen Schlagwettergruben sollten Lokomotiven mit Fernleitung (ober.

[1]) Siehe S. 147.

Abb. 157.



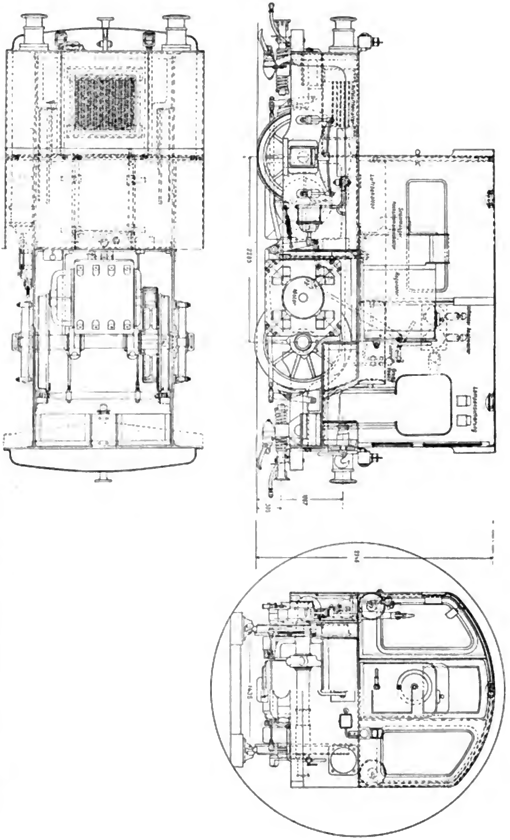




Zweiachsige Speicherlokomotive mit Regelspur, ausgeführt von der El.-Aktieng. vormals Schuckert & Co., Nürnberg.

M. 1 : 50.

Abb. 158.



Zweiachsige Verschiebelokomotive der Untergrundbahn Waterloo and City Ry, London. Ausgeführt von Siemens Bs., London. M. 1 : 50.

irdischer oder unterirdischer Stromzuführung) nur auf den im frischen Luftstrome liegenden Hauptstrecken zugelassen werden, gleichviel ob es sich um Gleichstrom- oder Wechselstrommotoren handelt, da zwar letztere in gewissen Ausführungen ohne Funkenbildung laufen, nicht aber die Stromabnehmer, umsomehr als die Stromzuführung bei Mehrphasenbetrieb verwickelter ist als bei Gleichstrombetrieb.

Versuche haben gezeigt, dass bei den hohen Stromstärken und Selbstinduktionen von Kraftübertragungsanlagen eine Entzündung von Schlagwettern bei Strom unterbrechungen unter allen Umständen eintritt.

Auf allen Schlagwetterstrecken kann daher höchstens Speicherbetrieb in Betracht kommen. Die elektrische Einrichtung bedarf aber auch dann noch einer ganz besonders sorgfältigen Ausbildung, damit auch die in jedem Betriebe unvermeidlichen Unfälle an stromführenden Teilen unschädlich gemacht werden.

Das Triebwerk der Grubenlokomotiven sowie das ganze Fahrzeug erfordern wegen der heftigen Stösse beim Anfahren des lose gekuppelten Zuges und beim Verschieben der Wagen besonders starke Ausbildung. Es setzt sich wegen der geringen Fahrgeschwindigkeiten und hohen Zugkräfte meist aus mehreren Übersetzungen zusammen. Die Anordnung der Motoren und des Triebwerkes ist so zu treffen, dass man mit möglichst geringen und einfachen Mitteln eine grosse Übersichtlichkeit des ganzen Fahrzeuges erreicht. Textabb. 140 stellt eine veraltete Bauart einer Grubenlokomotive dar; der Motor liegt im Gestelle, die Übertragung seiner Arbeit auf die Achsen erfolgt mittels verschiedener Vorgelegewellen und Zahnräder. Die Achsen sind ungefedert.

Die neueren Maschinen erhalten gewöhnliche Bahnmotoren mit ein- oder mehrfacher Stirnradübersetzung. Die Motoren hängen mit ihren Stützlagern oder Vorgelegeböcken unmittelbar an den zugehörigen Achsen, welche letztere also unabhängig vom Fahrzeuge die der Federung entsprechenden Bewegungen ausführen können und deshalb Anlass zu Entgleisungen auf den meist schlecht gepflegten Gleisen nicht mehr geben. Auch finden Gestellmotoren mit Triebstangenübertragung Anwendung (Textabb. 149)[1]).

Das Gestell der Grubenlokomotiven wird entweder aus Formeisen (⊔ oder ⅃ Eisen) oder aus Gusseisen gebildet. Während man bei ersteren von Spurweite und Achsstand unabhängig ist, lässt sich bei gegossenen Rahmen der Achsstand gar nicht und die Spurweite nur durch den Einsatz verschieden breiter Stirnteile verändern. Gegossene Gestelle kamen zuerst in den V.-St. Nord-Amerikas wegen des guten und billigen Gusses auf, begünstigt durch die gleichmässigere Beschaffenheit der Grubenanlagen bezüglich Spurweite und Gleisbogen, d. h. die Möglichkeit der Verwendung ein und desselben Lokomotivmodelles für eine grosse Anzahl von Anlagen. Wo mit gutem Gusseisen nicht gerechnet werden kann oder wohl gar Stahlguss Verwendung finden musste, empfiehlt sich die Ausführung der Gestelle in Walzeisen, welches überdies dem rohen Betriebe mehr Widerstand bietet als selbst gutes Gusseisen.

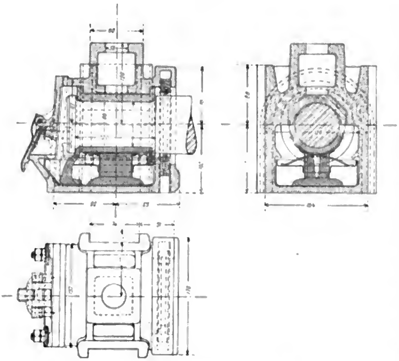
Der Achsstand beträgt bei Gleiskrümmungen bis herab zu 5 m und bei kleinen Spurweiten 0,6 bis 0,8 m. Die Räder können mit Rücksicht auf ihre kleinen

---

[1]) Siehe S. 159.

Durchmesser von 500 bis 650 mm aus Gussstahl hergetellt werden. Die Radbreite sei wegen der ungenauen Spurweite und mangelhaften Weichen reichlich gross. Die Achsbuchsen sollen dicht abschliessen und Schalen mit reichlicher Auflage ($^1/_2$ bis $^2/_5$ des Achsstummelumfanges) erhalten. Nebenstehende Textabb. 159 stellt eine von J. Jaeger, Masch.-Fabr., Elberfeld, hergestellte Achsbuchse für kleinere Lokomotiven dar. Die Federn werden als Schrauben-, Schnecken- oder besser Blattfedern ausgeführt. Die Bremse ist nur vierklotzig und wird mittels Hebels, selten mittels Schraubenspindel angetrieben. Sperrklinken erweisen sich hierbei als entbehrlich.

Abb. 159.



Achsbuchse für Grubenlokomotiven. M. 1 : 6.

Der Führersitz wurde früher mit Rücksicht auf die hohe Bauart der Maschine an beiden Stirnseiten des Fahrzeuges angeordnet, sodass nicht nur der Führer bei jedem Wechsel der Fahrtrichtung seinen Platz ändern musste, sondern auch alle Schaltvorrichtungen sowie der Bremsantrieb in doppelter Ausführung nötig waren. Die niedrigen Fahrzeuge der heutigen Bauart versieht man indes nur mit einem Führersitze, von dem aus über die Maschine hinweg die Fahrstrecke sich überblicken lässt. Hierdurch ergiebt sich auch eine kürzere Bauart und ein ruhigeres Fahren in den Gleiskrümmungen.

Der Führersitz soll auch während der Fahrt erreichbar sein. Vertiefte Führersitze sind wegen des zeitraubenden Einsteigens unbequem. Der Fahrdienst gestaltet sich in Bergwerken mitunter derart, dass der Führer während der Fahrt an Weichen und Verschiebeorten genötig ist, die Maschine zu verlassen, um danach schnell wieder seinen Platz einzunehmen.

Der Führersitz wird bei diesen Lokomotiven derart angeordnet, dass der Führer senkrecht zur Fahrtrichtung sitzt und daher durch einfache Kopfdrehung nach rechts oder links jede Fahrstrecke zu überblicken imstande ist. Alle andern Anordnungen sind unvorteilhaft, unbequem und teurer.

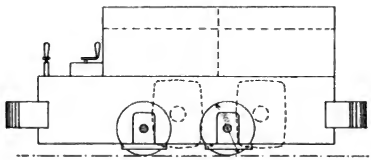
Überdachungen an Führersitzen der Grubenlokomotiven sind selten. Sie sind höchstens da am Platze, wo bei hohen Spannungen und kleinen Stollenhöhen ein Berühren der Leitungen seitens des Führers zu befürchten ist.

Zwecks Beförderung einer vollständigen Lokomotive mittels des Förderkorbes

auf eine andere Sohle kann der Führersitz, insofern derselbe sich nur an einem Ende des Fahrzeuges befindet, aufklappbar angeordnet werden.

Motoren und Schaltvorrichtungen sollen stark gebaut und gegen Eindringen von Wasser geschützt werden. In Schlagwetter führenden Stollen sind Hochleitungen wegen der an Stromabnehmern und Leitungen auftretenden und im Betriebe unvermeidlichen Lichtbogen unstatthaft. Hier haben Speicher-Lokomotiven stellenweise Eingang gefunden und sich, soweit die Einrichtungen sorgfältig behandelt wurden, gut bewährt. Textabb. 160 giebt die Bauart einer Speicherlokomotive für Grubenbetrieb an. Die Speichertröge werden zwecks möglichster Verringerung der Anzahl der Lokomotiven abhebbar eingerichtet, sodass eine entladene Speicherreihe schnell durch eine aufgeladene ersetzt werden kann. Die Speicher auf einem Tender mitzunehmen ist nicht zu empfehlen. Die Schaltvorrichtungen sollen völlig verschlossen ausgeführt werden, so zwar, dass das Öffnen nur nach vorheriger Stromausschaltung möglich ist. Die Motoren sind gleichfalls völlig geschlossen zu bauen. Alle Leitungen und stromführenden Teile sind so stark zu wählen, dass sie sowohl im stärksten Betriebe sich nicht erhitzen, als auch mechanisch genug Halt bieten. Elektrische Verbindungen sind zu sichern.

Abb. 160.



Grubenlokomotive mit Speicherbetrieb. M. 1 : 40.

Berechnung der Grubenlokomotiven. In den oben angegebenen Gleichungen zur Berechnung des Reibungsgewichtes der Lokomotiven (s. S. 148) ist $x = 1$ und w je nach Beschaffenheit des Gleises zu 10 bis 36 kg/t anzusetzen. Der Bewegungswiderstand in den Gleiskrümmungen ist wegen der Kleinheit der letzteren erheblich. Es ist in allen Fällen rätlich, mit dem Zugmesser ausreichende Zugkraftversuche anzustellen. Man treibt stets alle Achsen der Lokomotive an. Das Reibungsgewicht ist hier stets grösser als das Baugewicht, besonders bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten und hohen Übersetzungen im Triebwerke. Ballast ist selbst bei Fahrzeugen mit gegossenen Rahmen oder mit Speicherbetrieb oft noch erforderlich.

5. b. Beispiele ausgeführter Grubenlokomotiven.

1. Zweiachsige Grubenlokomotive für das Kohlenbergwerk Neindorf, ausgeführt von E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg (Textabb. 161). Untergestell aus Schmiedeisen, Oberteil als Ballast aus Gusseisen. Antrieb der Achsen durch je einen aufklappbaren Motor (300 Volt) mittels doppelter Stirnrad-Übersetzung 1 : 10 Spurweite 620 mm. Zugkraft an den Triebrädern insgesamt 350 kg. Gesamtgewicht 3,2 t. Führersitz wegen der tiefen Motorlage nur an einer Stirnseite.

2. Zweiachsige Grubenlokomotive für das Kohlenbergwerk Esch a/Alz., ausgeführt von Union E.-G., Berlin (Textabb. 162). Fahrzeug aus Schmiedeisen, Vorderstücke als Ballast aus Gusseisen. Antrieb der Achsen durch je einen Motor (500 Volt) mittels dreifacher Stirnrad-Übersetzung 1 : 10; Motor und Trieb-

werk sind in einer Schwinge aus Stahlguss gelagert[1]), die einerseits auf der zugehörigen Radachse, anderseits nach unten und oben gefedert im Untergestelle gestützt

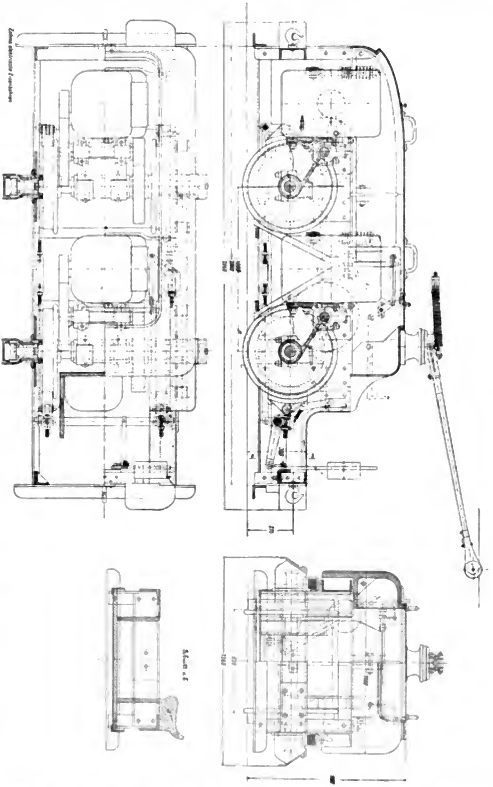


Abb. 161.

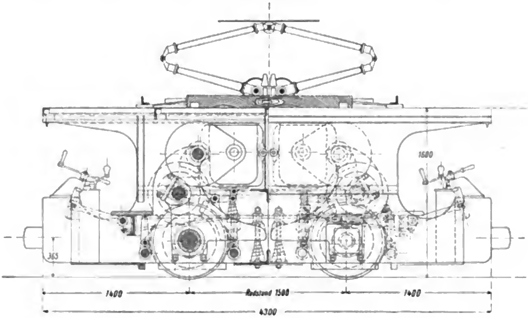
Grubenlokomotive für das Kohlenbergwerk Neindorf. Ausgeführt von der E.-A. vormals Schuckert & Co., Nürnberg. M. 1 : 30.

ist. Spurweite 700 mm. Zugkraft an den Triebrädern 3500 kg. Gesamtgewicht 18000 kg. Führersitz wegen der hohen Bauart der Lokomotive an jeder Stirnseite.

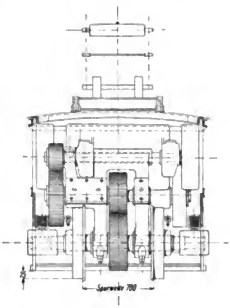
[1]) Siehe Textabb. 145.

3. Zweiachsige Grubenlokomotive für das Kohlenbergwerk Esch a/Alz., ausgeführt von Lokomotivfabrik Kraus & Co., München (Textabb. 163). Fahrzeug ganz aus Schmiedeisen. Antrieb der Achsen mittels eines einzigen Gestellmotors (Schuckert) (s. Textabb. 148) und zweifacher Stirnradübersetzung 1 : 6,41 mit Verteilungswelle und Triebstangen, welche völlige Entlastung der Achsen, d. h. ruhigen,

Abb. 162.

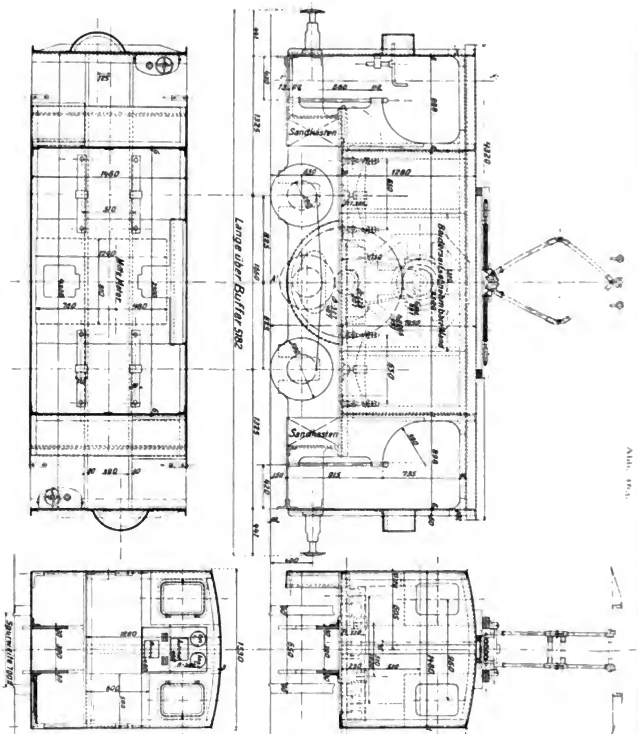


Grubenlokomotive für das Kohlenbergwerk Esch a/Alz.
Ausgeführt von der Union E.-G., Berlin.
M. 1 : 40.



sicheren Gang und Schonung des Gleises gewährleisten. Spurweite 700 mm. Zugkraft an den Triebrädern 3500 kg. Gesamtgewicht 18000 kg. Führersitz wegen der hohen Bauart der Lokomotive an jeder Stirnseite. Stromabnahme von der oberirdischen Leitung mittels Walze.

4. Zweiachsige Grubenlokomotive, ausgeführt von der General Electric Co., Schenectady, V. St. N.-A. (Textabb. 164). Ausführung ganz in Gusseisen. Die aus einem Stücke bestehenden Seitenteile sind mit den zugleich als



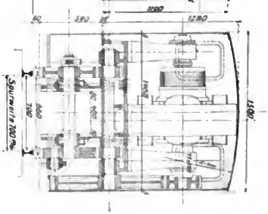


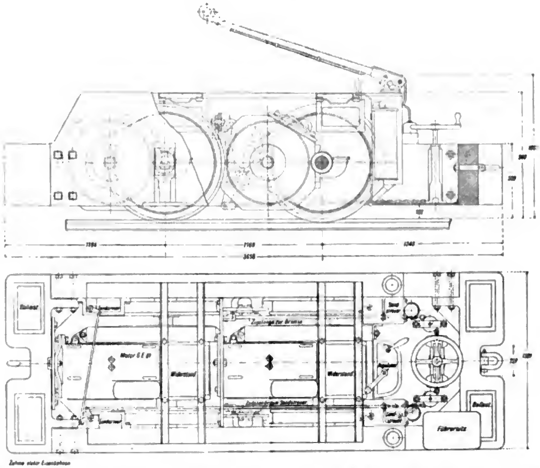
Abb. [illegible]

Grubenlokomotive für das Kohlenbergwerk Esch a/Alz. Ausgeführt von Kraus & Co., München und E.-A. vormals Schuckert & Co., Nürnberg 1895.

M. 1:40.

Buffer und Ballastkasten ausgebildeten Kopfteilen zu einem Rahmen verbunden. Antrieb der Achsen je durch einen geschlossenen Deckelmotor G. E. 61 mittels

Abb. 164.



Grubenlokomotive mit gusseisernem Gestelle. Ausgef. von der Cie. Française Thomson-Houston, Paris. M. 1 : 30.

einfacher Stirnradübersetzung 1 : 5. Spurweite 762 mm. Zugkraft an den Triebrädern 500 kg. Führersitz wegen der tiefen Motorlage nur an einer Stirnseite.

II. Die elektrische Einrichtung der Fahrzeuge.

II. A. Die Motoren.

Dem Entwurfe und der Aufzeichnung eines Motors geht seine Grössenbestimmung voraus. Diese wiederum leitet sich aus dem Bewegungswiderstande ab, welchen das Fahrzeug bei einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit auf bestimmter Bahn findet. Es würde indessen nicht genügen, die Motorgrösse diesem Widerstande bei gleichförmiger Fahrgeschwindigkeit anzupassen; es ist vielmehr auch die Arbeit der Beschleunigung in Betracht zu ziehen, die bei elektrischen Bahnen wegen des günstigen Verhältnisses des Reibungsgewichtes zum Zuggewichte[1]) und der hierdurch ermöglichten raschen Anfahrt nicht gering ist. Bei elektrischer Bremsung tritt hierzu noch die vom Motor zu entwickelnde Bremsarbeit; dieselbe ist auch dann, wenn sie kleiner als die Arbeit der Fortbewegung ist, auf die Wahl der Motorgrösse nicht ohne Einfluss, weil sie nicht nur dem Motor die Gelegenheit zeitweiliger Ruhe nimmt, sondern sogar die Motorwärme noch erhöht.

A. 1. Die Bestimmung der Motorgrösse.

1. a. Die Bewegungswiderstände.

Der von einem fahrenden Wagen zu überwindende Widerstand setzt sich aus folgenden Einzelwiderständen zusammen:

1. Den inneren Widerständen des Fahrzeuges, bestehend aus den Reibungen der Achszapfen in ihren Lagerstellen sowie überhaupt aller gegenseitig sich bewegenden Teile des Untergestelles.
2. Den äusseren Widerständen, bestehend in den Widerständen der rollenden Reibung und Flanschenreibung zwischen Rad und Schiene, bezogen auf die gerade Strecke. Hierzu gehören auch alle durch unvollkommene Gleislage verursachten Widerstände.
3. Den unter 2. genannten Widerständen, bezogen auf Gleiskrümmungen.
4. Den Erhebungsarbeiten in Steigungen.
5. Den unmittelbaren und mittelbaren Luftwiderständen.

[1]) Siehe S. 147.

Es bezeichne:

w in kg/t den Gesamtwiderstand;

w_h in kg/t den Bewegungswiderstand in der Wagrechten;

w_s in kg/t den Erhebungswiderstand in Steigungen;

w_l in kg/t den Luftwiderstand;

w_r in kg/t den Widerstand in Gleiskrümmungen;

t in Tonnen (1000 kg) das Zuggewicht;

α den Steigungswinkel;

$\pm$ s in $^0/_{00}$ die Steigung bezw. das Gefälle;

v in km/Stde die Fahrgeschwindigkeit.

Man pflegt den Bewegungswiderstand der Einfachheit halber auf die Gewichtseinheit (t) des Zuges zu beziehen, obwohl dies nur für die Erhebungsarbeit in Steigungen Berechtigung hat.

Zu 1. **Die inneren Widerstände** des Laufwerkes eines treibenden oder getriebenen Wagens sind von den Gleiszuständen praktisch unabhängig und bilden von dem gesamten Bewegungswiderstande nur einen kleinen Teil. Es kommen die von Zeit zu Zeit wieder laut werdenden Vorzüge der Achsbuchsen mit Walzen oder Kugeln bei dem Kraftverbrauche des Wagens nur in ganz unwesentlichem Masse zur Geltung. Eher kann durch gute Achsenfederung eine Verminderung dieser Widerstände herbeigeführt werden.

Zu 2. **Die rollende Reibung** sowie die **Flanschenreibung** zwischen Rad und Schiene sind je nach der Eigenart der Bahnanlage mehr oder weniger gross. Sie bilden den Hauptbestandteil des ganzen Bewegungswiderstandes eines Fahrzeuges. Bei den meist mangelhaft verlegten Gleisen der Kleinbahnen auf öffentlichen Strassen sowie bei Industrie- und Grubenbahnen sind diese Reibungen erheblich grösser als bei den Hauptbahnen oder Bahnen mit hauptbahnmässig verlegten und unterhaltenen Gleisen. Strassenschmutz und Staub erhöhen die rollende Reibung während Regen sie vermindert.

Die Flanschenreibungen entstehen durch das Abrollen der äusseren Ausrundung des Spurkranzes der Radreifen an der Abrundung der Innenkante der Schiene. Bei Rillenschienen tritt hierzu noch die Reibung der Innenseite des Spurkranzes an der Leitschiene. Je mehr ein Fahrzeug nach einer Schiene hin drängt und je grösser also seine Schlingerbewegungen (S. 2 und 15) sind, um so grösser fällt die Flanschenreibung aus. Es ergiebt sich hieraus, dass sie bei den dem Strassendamme folgenden und sowohl betreffs der Höhenlage der Schienen eines Gleises zu einander als auch im wagerechten und senkrechten Sinne unrichtig und unregelmässig verlegten Strassenbahngleisen ausserordentlich gross ist. Textabb. 7 (S. 16) lässt an der starken Abnutzung der Räder eines Strassenbahnfahrzeuges das Vorhandensein und die Grösse dieser Flanschenreibung erkennen. Sie wird bei Strassenbahnen durch den unvorteilhaften Bau der Wagen mit ihren über den Achsstand weit überragenden Massen und den kleinen Achsständen infolge des dadurch begünstigten Schlingerns erhöht.

Seitenwind erhöht die Flanschenreibungen und dadurch den Bewegungswiderstand.

Zu 3. Die unter 2. aufgeführten **Widerstände** erfahren **in Gleiskrümmungen**

eine erhebliche Steigerung. Hier sind im Verhältnisse zur Gleiskrümmung grosse Achsstände [1]), starre Achsen und unrichtige und der Fahrgeschwindigkeit nicht entsprechende Überhöhung der äusseren Schiene oder wohl gar Tieferlegung derselben in der Dammlinie einer Strasse besonders nachteilig. Lenkachsen [2]) und Drehgestelle mit kleinen Achsständen tragen zur Verminderung des Bewegungswiderstandes in Gleiskrümmungen bei.

Die Widerstände in Gleiskrümmungen sind deshalb bei Strassenbahnen wegen deren den vorhandenen Strassen anzupassenden Gleisverlegung grösser als bei hauptbahnmässig verlegten Gleisen. In gleicher Weise sind sie bei Rillenschienen grösser als bei Breitfufsschienen (Vignolesschienen).

Manche Strassenbahnen schmieren die Schienen in scharfen Gleiskrümmungen mit Fett, womit zwar die Flanschenreibung bedeutend vermindert, dagegen die Sauberkeit der Strasse in unzulässiger Weise beeinträchtigt wird. Hier wäre eher eine den entsprechenden Vorrichtungen bei Dampfbahnen nachgebildete, sparsame Schmierung des Spurkranzes am Platze, die sich nur auf die Aushöhlung des Spurkranzes erstrecken darf, damit sie die zur Fortbewegung des Fahrzeuges dienende Reibung der Räder nicht vermindere.

Zu 4. Der Bewegungswiderstand, den ein Fahrzeug in einer **Steigung** findet, setzt sich aus allen auf wagrechter Strecke auftretenden Bewegungswiderständen und dem aus der Erhebung sich herleitenden Widerstande zusammen. Die ersteren entsprechen nach Textabb. 36 und der auf S. 43 gegebenen Entwicklung dem Ausdrucke $w \cdot \cos\alpha$. Für die bei Kleinbahnen noch vorkommenden Steigungen von 100‰ ist $\cos\alpha = 0{,}995$; $w \cdot \cos\alpha$ kann also selbst in diesen grossen Steigungen gleich w gesetzt werden. Die Erhebung wurde an genannter Stelle durch

$$+ 1000 \sin\alpha$$

ausgedrückt. Da nun selbst für die erwähnten, grossen Steigungen $\sin\alpha = \text{tgs}\,\alpha$ gesetzt werden kann, so folgt, dass

$$1000 \cdot \sin\alpha = 1000 \,\text{tgs}\,\alpha = 1000 \frac{s}{1000} = s$$

gesetzt werden kann, worin s in ‰ die Steigung bedeutet. Der gesamte Bewegungswiderstand w in kg/t Wagengewicht ist also für die Steigung s ‰

$$w_s = w_h + s$$

Die Erhebungsarbeit ist unabhängig von der Gattung und Ausführung des Fahrzeuges und der Bahn und hat deshalb überall für eine bestimmte Steigung denselben Wert.

Für die Fahrt im Gefälle von s ‰ gilt

$$w_s = w_h - s$$

Zu 6. **Der Luftwiderstand,** welcher sich der Bewegung eines Fahrzeuges entgegensetzt, kann bei Kleinbahnen wegen der geringen Fahrgeschwindigkeit vernachlässigt werden. Er wird bei Hauptbahnen mit Fahrgeschwindigkeit bis zu etwa 70 kg/Stde durch

$$w_l = \frac{v^2}{1000} \text{ kg/t Zuggewicht}$$

[1]) Siehe S. 4.

[2]) Siehe S. 23.

ausgedrückt. Dies ergäbe bei 20 km/Stde Fahrgeschwindigkeit 0,4 kg/t. Mit zunehmender Geschwindigkeit wächst der Wert, sodass er bei einer Stadtbahn oder Lokalbahn mit 40 km/Stde Fahrgeschwindigkeit 1,6 kg/t beträgt.

Die Grösse des Luftwiderstandes hängt ausserordentlich von der Länge des Zuges, der Gestalt der Fahrzeuge und der Art der Verbindung zweier Wagen ab. Einzeln fahrende Wagen ergeben einen grösseren Luftwiderstand auf die Gewichtseinheit bezogen als mehrere zu einem Zuge gekuppelte Wagen, insbesondere, wenn im letzteren Falle die Wagen gleiche Breite haben, keine grösseren seitlichen Vorsprünge besitzen und dicht zusammengestellt sind. Zugespitzte oder abgeschrägte Stirnflächen des führenden Wagens (Triebwagen oder Lokomotive) verringern den Luftwiderstand, finden aber nur bei höheren Fahrgeschwindigkeiten (über 50 km/Stde) Anwendung. Der Luftwiderstand entsteht nicht allein aus dem alle zur Bewegungsrichtung senkrecht gestellten Flächen treffenden Winddrucke, sondern auch aus den die Seiten des Zuges bestreichenden Windwirbeln und darf erfahrungsgemäss bei hohen Fahrgeschwindigkeiten nicht mehr im Verhältnisse zu v^2 eingesetzt werden. Es ist unzulässig von einer Gleichung die Gültigkeit für alle beliebigen Werte von v zu verlangen.

Es genügt bei allen hier in Betracht kommenden, d. h. bis zu 50 km/Stde fahrenden Klein- und Stadtbahnen den Luftwiderstand mit

$$w_1 = \frac{v^2}{1000} \text{ in kg/t Zuggewicht}$$

anzunehmen.

Eine Ausnahme hiervon bilden nur die Untergrundbahnen, weil hier die von dem Zugkopfe getroffene und zerteilte Luftmenge sich nicht frei nach den Seiten hin verteilen kann und weil die von den Seitenteilen des Zuges mitgerissenen Luftschichten an den Tunnelwänden erhebliche Reibungen erfahren.

Über den Einfluss von Seitenwind wurde unter 2. S. 179 gesprochen.

Zahlenwerte für die Bewegungswiderstände.

Strassenbahnen. Die vorstehend angegebenen Widerstände werden bei Strassenbahnen bis 20 km/Stde Fahrgeschwindigkeit nicht einzeln bestimmt. Nur die Erhebungswiderstände in Steigungen werden von dem Gesamtwiderstande getrennt. Der letztere wird ausserordentlich von der Gleisverlegung, dem Gleiszustande und der Schienenart beeinflusst.

1. Bei Rillenschienen in öffentlichen Strassen auf Packlage mit Kleinschlag und sorgfältiger Ausrichtung ist

$$w = 12 \pm s$$

2. dgl. bei weniger guter Verlegung

$$w = 15 \pm s$$

3. dgl. bei schlechter Verlegung:

$$w = 20 \pm s \text{ bis } w = 30 \pm s.$$

Erfolgt die Verlegung nicht auf guter Unterbettung, sondern unmittelbar auf Sand, Thon, Erde u. s. w., so sind obige Werte um 20 bis 50 v. h. zu erhöhen.

4. Bei Breitfufsschienen (Vignolesschienen) in öffentlichen Strassen auf Querschwellen mit guter Unterbettung und guter Ausrichtung

$$w = 10 \pm s$$

5. dgl. bei mangelhafter Ausrichtung des Gleises

$$w = 12 \pm s \text{ bis } w = 15 \pm s.$$

Der Bewegungswiderstand in Gleiskrümmungen und der Luftwiderstand sind in diesen Werten enthalten. Übergangsbögen zwischen der graden Strecke und den Krümmungen tragen zur Verminderung des Widerstandes bei[1]. Von gutem Einflusse sind auch verblattete oder sonstwie befestigte Schienenstösse, deren Anlage sich auch wegen der Schonung des Fahrzeuges und der Schienen empfiehlt.

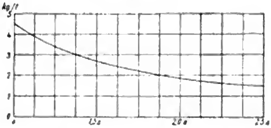
In allen zweifelhaften Fällen sind sorgfältige Untersuchungen rätlich[2].

Lokal- und Stadtbahnen. Bei den auf eigenem Bahnkörper liegenden Lokal- und Stadtbahnen können die Bewegungswiderstände kleiner angenommen werden. Wegen der hier üblichen höheren Fahrgeschwindigkeiten muss der Luftwiderstand sowohl an und für sich als auch wegen seines grösseren Anteiles am Gesamtwiderstande berücksichtigt werden.

Der Oberbau wird hier durchweg mit Breitfufsschienen ausgeführt. Der Bewegungswiderstand beträgt bei guter Bettung und Verlegung des Gleises

$$w = 3 + \frac{v^2}{1000} \pm s + w_r$$

Abb. 165.



Abnahme des zusätzlichen Widerstandes in Gleiskrümmungen bei gleichbleibendem Achsstande.

Die Werte für w_r können bei Krümmungshalbmessern bis herab zu 180 m zu $1000 \frac{0{,}65}{R - 55}$ kg/t Zuggewicht angenommen werden.

Für kleinere Krümmungen sind die zusätzlichen Widerstände noch nicht ermittelt worden. Sie hängen ganz von der Grösse des Achsstandes und der Spurerweiterung ab, wofür bei Hauptbahnen bestimmte Regeln bestehen. Unter der Voraussetzung der in Zahlentafel I (S. 4) angegebenen kleinsten Gleiskrümmungen für bestimmte Achsstände nimmt der Bewegungswiderstand bei Vergrösserung der Halbmesser etwa nach Textabb. 165 ab, in welcher a die für einen bestimmten Achsstand noch zulässige kleinste Gleiskrümmung (Halbmesser in m) bedeutet.

1. b. Die Beschleunigungskräfte.

Ausser der Zugkraft, welche den gesamten Bewegungswiderständen bei einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit entspricht, hat der Motor noch diejenige abzugeben,

---

[1]) Siehe Bd. II, Übergangsbögen.

[2]) Eine mit 15 kg/t Bewegungswiderstand berechnete und ausgeführte Strassenbahn in Südrussland ergab mangels genügender Gleisunterhaltung nach starken Regenfällen und Gleisunterspülungen einen Bewegungswiderstand w = 26 kg/t, sodass Austausch der Motoren nötig wurde.

welche zur Beschleunigung des Fahrzeuges bis zu jener Geschwindigkeit erforderlich ist, wird diese Kraft mit P und der Beschleunigungsweg mit s bezeichnet, so ist die in dem Fahrzeuge aufgespeicherte lebendige Kraft:

$$\frac{Mv^2}{2} = \frac{Gv^2}{2g} = P \,.\, s$$

Die Grösse dieser Beschleunigungskraft hängt von der Beschleunigung ab, welche man dem Fahrzeuge geben will, d. h. von dem Wege und mithin der Zeit, welche bis zur verlangten Fahrgeschwindigkeit gerechnet werden. Wie eben angegeben, kann bei elektrischen Eisenbahnen mit alleiniger Ausnahme langer Lokomotivzüge das Reibungsgewicht durch die Vermehrung der Motoren im Zuge beliebig gross gehalten werden, sodass in dieser Beziehung beliebig grosse Zugkräfte zur Beschleunigung zur Verfügung stehen. Daraus leiten sich die bekannten raschen Anfahrten der elektrischen Triebwagen, Triebwagenzüge und kurzen Lokomotivzüge ab. Je grösser nun die Beschleunigung bei der Anfahrt gewählt wird und je häufiger sich die Anfahrten wiederholen, um so grösser ist der Motor auszuführen.

Die Bewegung eines anfahrenden Fahrzeuges setzt sich bei Gleichstrommotoren aus einer Reihe ungleichförmig beschleunigter Bewegungen zusammen, weil die Zugkraft des Motors sich mit seiner Umdrehungszahl und Schaltungsart ändert.

Die Belastung der Motoren bei der Anfahrt lässt sich zeichnerisch in einfacher Weise ermitteln. Man gebraucht indes hierzu die Kenntnis der Arbeitsweise des betreffenden Motors und wendet, solange die Grösse und das Modell des Motors noch nicht bestimmt sind, ein vorläufiges Verfahren an, um dieses späterhin nach Bestimmung des Motors und seiner Leistungslinie durch die genaue Aufzeichnung der Belastungslinien zu ersetzen. Beide Ermittelungsarten sind im Folgenden angeführt.

1. c. Die Zugkraftslinien.

Die unter 1. a. und 1. b. angegebenen Bewegungswiderstände eines Fahrzeuges lassen sich in ihrer Gesamtheit durch Schaulinien übersichtlich darstellen. Aus diesen kann sodann die Motorgrösse ermittelt werden.

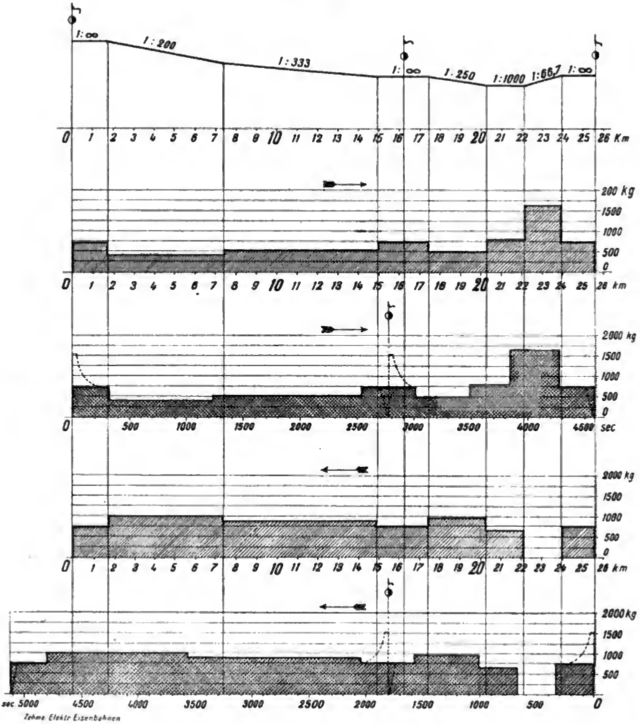
Es werde eine Bahn mit dem in Textabb. 166 dargestellten Höhenplane angenommen. Auf derselben ist ein Fahrzeug oder Zug vom Gesamtgewichte G fortzubewegen. Die Zugkräfte werden auf den Umfang der Triebräder bezogen. Man bestimmt zunächst ohne Rücksicht auf die Beschleunigungen bei den Anfahrten die den Beharrungszuständen entsprechenden Zugkräfte für die Hin- und Rückfahrt nach der Gleichung

$$Z = Gw$$

Diese Linien bilden mit der Nullinie die Umgrenzung der schraffierten Flächen deren Höhen somit die auf der ganzen Strecke erforderlichen Zugkräfte darstellen. Für die Beurteilung der diesen Zugkräften entsprechenden Motorgrösse ist diese Linie indes noch nicht geeignet, weil für die Stärke eines Motors nicht allein die Zugkraft, sondern auch die Zeit, während welcher er dieselbe zu leisten hat, in Betracht kommt. Es sind deshalb aus den Zugkräften an Hand der Leistungslinie eines

annähernd passenden Motors die Fahrgeschwindigkeiten und Fahrzeiten zu ermitteln, während welcher die einzelnen Zugkräfte abzugeben sind. Diese Fahrzeiten sind

Abb. 166.



Zugkraftslinien.

an Stelle der Wege auf der Abscissenaxe aufzutragen. Es ergeben sich hieraus die in Textabb. 166 gekreuzt schraffierten Flächen. Stellten die ersteren Flächen

die Arbeit der Zugkraft des Motors dar, so bedeuten die letzteren den Antrieb dieser Kraft[1]); nur dieser kann von der Belastung des Motors ein richtiges Bild geben.

Um nun in dieser Zugkraftslinie noch die für die Beschleunigung des Fahrzeuges aufzuwendenden Zugkräfte anzugeben, berechnet man aus der grösstzulässigen oder vorgeschriebenen Beschleunigung die Beschleunigungskraft nach

$$P = m\,p = \frac{G}{g}\,p$$

Darin bedeutet:

P in kg die beschleunigende Kraft,
G in kg das gesamte Zuggewicht,
g die Beschleunigung der Schwere,
p in m/sec die Beschleunigung, d. h. den Zuwachs der sekundlichen Geschwindigkeit,
m die zu beschleunigende Masse.

Im einfacheren Verfahren nimmt man an, dass die Bewegung gleichförmig beschleunigt sei und P daher während der ganzen Beschleunigung sich nicht ändere.

Die Beschleunigungszeit t berechnet sich aus

$$t = \frac{v}{p}$$

worin v in m/sec die zu erreichende Fahrgeschwindigkeit bedeutet.

Man errichtet nun über der Zugkraftslinie, welche den gesamten Bewegungswiderständen entspricht, die Linie der beschleunigenden Kraft, und zwar ist diese Kraft zu der durch die Bewegungswiderstände des Beharrungszustandes bedingten hinzuzufügen. In Textabb. 166 ist diese Linie punktiert angegeben. In gleicher Weise wie die Anfahrt ist in der zeichnerischen Darstellung der Motorbelastung auch die Bremsung zu berücksichtigen. Dies geschieht in der Weise, dass man aus der der Erfahrung entsprechenden, grösstzulässigen Verzögerung p_1 unter Annahme einer gleichförmig verzögerten Bewegung die Bremskraft P nach der Gleichung

$$P = m\,p_1$$

und den Bremsweg nach der Gleichung

$$\frac{m\,v^2}{2} = P\,s + G\,w$$

berechnet.

Die Bremszeit t_1 folgt aus

$$t_1 = \frac{2\,s}{v}$$

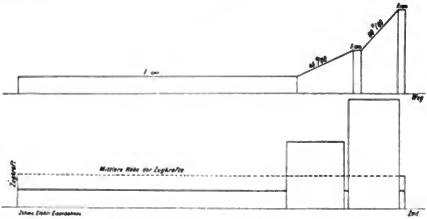
Darin bedeuten:

t_1 in sec die Bremszeit,
s in m den Bremsweg,
v in m/sec. die Fahrgeschwindigkeit bei Beginn der Bremsung.

[1]) Unter diesem Ausdrucke der Geodynamik ist das Produkt aus Kraft und Zeit ihrer Einwirkung verstanden.

Um diesen Betrag ist in der Zugkraftslinie vor jeder Haltestelle die Dauer der Motorbelastung zu kürzen.

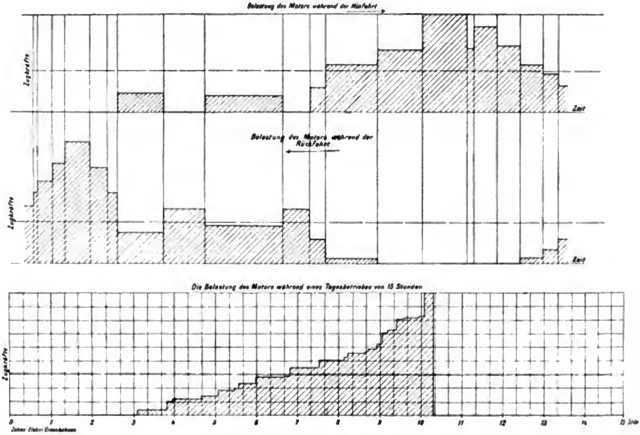
Abb. 167.



Unrichtige Ermittelung der Motorgrösse.

Wie schon früher (S. 65) bemerkt, begegnet die Bestimmung der Bremskraft P aus den Bremsdrucken mancherlei Schwierigkeiten, welche die genaue Be-

Abb. 168.



Unrichtige Ermittelung der Motorgrösse.

rechnung der hier genannten Grössen unmöglich machen. Immerhin ist eine annähernde Ermittelung zur Vervollständigung der Zugkraftslinie geboten.

Unter Zugrundelegung einer derart aufgezeichneten Zugkraftslinie lässt sich allein die Grösse des Motors bestimmen. Es setzt diese Wahl grosse Erfahrung im Bahnbetriebe im Allgemeinen und dem Verhalten gleichgearteter Motoren im Besonderen voraus. Die Bestimmung der mittleren Höhe der Zugkraftslinie oder der mittleren Belastung eines Motors während eines Betriebsabschnittes (Textabb. 167 und 168) führen zu unrichtigen Ergebnissen.

Auch der Fahrplan ist bei der Motorbestimmung in Rücksicht zu ziehen, weil von demselben die Länge der die Abkühlung befördernden Ruhepausen abhängt; letztere sind der Einfachheit halber in Textabb. 166 an den Zwischenhaltestellen nicht eingetragen. Soll der Motor in Gefällen und beim Anhalten elektrisch bremsen, so ist diese Belastung in die Zugkraftslinien im positiven Sinne einzutragen. Sie erhöht die Motorbelastung erheblich. Bei mangelndem Raume für die Unterbringung der Motoren im Fahrzeuge sieht man deshalb von elektrischer und magnetischer Bremsung ab.

Das hier angegebene, vereinfachte Verfahren der Aufzeichnung einer Zugkraftslinie genügt für die Ausführung gewöhnlicher Kleinbahnen vollkommen. Die thatsächliche Belastung der Motoren eines Fahrzeuges oder Zuges wäre unter Voraussetzung richtiger Handhabung des Reglers allerdings etwas geringer als hier angegeben, dagegen ist auf dieselbe aus dem Grunde nicht zu rechnen, weil die richtige Einstellung der Schaltung bei der Anfahrt und der Fahrt selbst seitens des Wagenführers in den wenigsten Fällen zu erwarten ist. Zahlentafel VII[1]) stellt den Stromverbrauch eines Fahrzeuges der Union Traction Co., Philadelphia auf ein und derselben Strecke aber unter verschiedener Führung dar und weist zwischen guter und schlechter Führung Unterschiede bis 83 v. h. auf.

Zahlentafel VII.

Nummer des Führers	3190	3770	3910	3926	3860	3912	3896	4010	4042	4080	4088	3858
Durchschnittlicher Stromverbrauch in KW Std	599	683	749	799	803	810	857	915	895	900	967	983

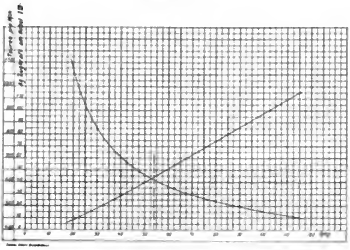
Bei Strassenbahnen kann deshalb die aus der Zugkraftslinie ermittelte Belastung nicht geringer angesetzt werden, sie ist vielmehr noch um einen Erfahrungswert zu erhöhen, zumal die Anzahl der unvorhergesehenen Haltestellen und die Regelung der Fahrgeschwindigkeit vom öffentlichen Strassenverkehre stark beeinflusst werden (s. Textabb. 179). Unbestimmbar sind bei diesen Bahnen auch die Anfahrtsbeschleunigungen und, wo eingeführt, auch die elektrischen Bremsungen. Der Zuschlag kann in ruhigen Städten und bei mässiger Fahrgeschwindigkeit 20 bis 25 v. h., dagegen bei hoher Fahrgeschwindigkeit oder starkem Strassenverkehre 40 und selbst 50 v. h. betragen. Nicht unerwähnt dürfen hier auch die zunehmenden Motorbelastungen bleiben, welche durch allmähliche Verschlechterung der Gleisanlage (Schienenstösse, Unterbettung) hervorgerufen werden. Alle diese unberechenbaren Einflüsse entziehen bei Strassenbahnen auf öffentlichen Wegen die

[1]) Street Ry. Journal 1900, S. 337, 338.

Bestimmung der thatsächlichen Motorbelastung aus der Zugkraftslinie jeder theoretischen Behandlung und verweisen sie lediglich auf das Gebiet der persönlichen Erfahrung.

Auf Stadtbahnen sind dagegen die Haltestellen und Fahrgeschwindigkeiten von vornherein bekannt und lässt sich daher die Zugkraftslinie nach einem genauen Verfahren bestimmen. Eine sorgfältige Rechnung ist bei diesen Bahnen lohnend, weil wegen der sich wenig ändernden Beschaffenheit der Gleise und Betriebsverhältnisse die Grundlagen der Rechnung, d. h. Bewegungswiderstand, Anfahrtsbeschleunigung, Bremsung, jeweilige Fahrgeschwindigkeit und der Fahrplan bekannt sind und daher der kleinste Stromverbrauch und die billigste Maschinen- und Leitungsanlage innerhalb enger Fehlergrenzen berechnet werden können. Es pflegt auch die Führung der Triebwagen oder Lokomotiven dieser Bahnen strenger gehandhabt zu werden als bei Strassenbahnen. Das Vorhandensein von Strommessern ermöglicht dem Führer jederzeitige Überwachung des Stromverbrauches, d. h. der Motorbelastung.

Abb 169.



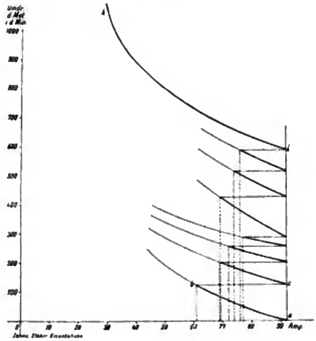
Stromverbrauchs- und Geschwindigkeitslinien eines Hauptstrom-Motors.

Das genaue Verfahren der Bestimmung der Motorgrösse bei Stadtbahnen besteht in folgendem[1]). Man zeichnet zunächst nach dem vorstehend angegebenen, vereinfachten Verfahren die Zugkraftslinie auf und stellt daraus die mittlere Motorbelastung fest. Von dem hiernach zu wählenden Motor ist sodann die Leistungslinie d. h. die Linie der gegenseitigen Abhängigkeit von Zugkraft, Stromverbrauch und Geschwindigkeit zu entwerfen (Textabb. 169). Darauf ermittle man aus der grösstzulässigen Beschleunigung die Zugkraft des Motors und aus der dieser entsprechenden Stromstärke den Anfahrwiderstand. Der hierdurch bestimmten Spannung an den Motorklemmen entspricht eine gewisse Geschwindigkeitslinie. Trägt man nun in einem Axenkreuze (Textabb. 170) als Weiten die Stromstärken und als Höhen die zu einer bestimmten Spannung gehörigen Geschwindigkeiten auf, so erhält man für die Anfahrt die Geschwindigkeitslinie a, b, welche bei jener höchst zulässigen Stromstärke o, a und der Geschwindigkeit Null ansetzt. An dieser Linie lassen sich die für die Anfahrt zusammengehörigen Werte der Stromstärke und Fahrgeschwindigkeit ablesen. Sobald die mit zunehmender Geschwindigkeit, d. h. wachsender elektromotorischen Gegenkraft abnehmende Stromstärke den als untere Grenze angenommenen Wert erreicht hat, geht man durch Verminderung des Vorschaltwiderstandes wieder auf die grösstzulässige Stromstärke o, a über und legt durch den Punkt c der zugehörigen Höhe, welcher der in diesem Augenblicke herrschenden Fahr-

[1]) Siehe auch Anlassen und Regelung der Gleichstrommotoren.

geschwindigkeit entspricht, eine neue Geschwindigkeitslinie, welche nach der erhöhten Spannung an den Motorklemmen aufzuzeichnen ist. In dieser Weise fährt man fort, bis man in i die der vollen Betriebsspannung entsprechende Geschwindigkeitslinie i, k erreicht hat. Die Fahrgeschwindigkeit steigt nach dieser Linie bis zu der Belastung des Motors an, welche dem Beharrungszustande der vollen Fahrt entspricht. Die hier herrschende Geschwindigkeit war für die Wicklung des Motors massgebend.

Abb. 170.

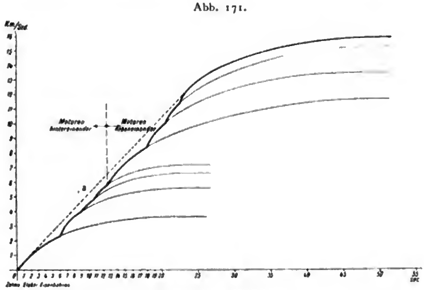


Ermittelung der Beschleunigungskräfte.

Aus dieser Linie lässt sich die in Textabb. 171 dargestellte Geschwindigkeitslinie entwerfen. Dieselbe besteht gemäss ihrer Zusammensetzung aus einer Reihe von Linien ungleichförmig beschleunigter Bewegung, die sich durch eine einzige Linie a hinreichend genau ersetzen lassen. Die zugehörige Stromverbrauchslinie wird durch Textabb. 172 dargestellt, welche zeigt, dass die Stromstärke sowohl nach der ersten Einschaltung der Motoren als auch nach der jedesmaligen Ausschaltung einer Widerstandsstufe einen Höchstwert erreicht und dann, der elektromotorischen Gegenkraft des Ankers entsprechend allmählich abnimmt.

Aus der Stromverbrauchslinie ist endlich in bekannter Weise die Zugkraftslinie zu entwickeln, die dann in Textabb. 166 an Stelle der im einfachen Verfahren bestimmten Linie zu setzen ist.

Abb. 171.



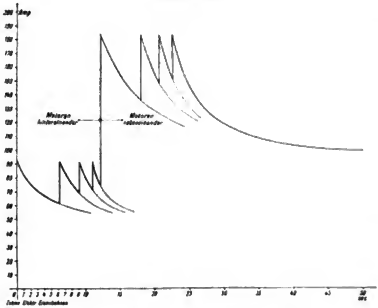
Beschleunigungslinie.

Die übrigen Angaben der Zugkräfte in Textabb. 166 erfahren gleichfalls insofern eine genauere Bestimmung, als die Fahrgeschwindigkeiten den Steigungen und Gefällen entsprechend sich ändern und erst allmählich einen Beharrungszustand erreichen. Diesen Fahrgeschwindigkeiten entsprechend ändern sich dann auch die Zeiten und letzteren Zugkräfte, welche sonach der strichpunktierten Linie folgen.

Die Bremsungen bleiben wie in Textabb. 166 dargestellt

Nach dieser genauen Zugkraftslinie lässt sich die thatsächliche Belastung der Motoren eines Zuges oder Fahrzeuges bestimmen, sodass man in der Lage ist, die Richtigkeit der vorausbestimmten Motorgrösse zu prüfen. Dass dies nicht auf rechnerischem Wege, sondern nur auf Grund von Erfahrungen geschehen kann, ist bereits bemerkt worden.

Abb. 172.



Ermittelung der Beschleunigungskräfte.

Die Ermittelung der Motorgrösse aus der Berechnung der Erwärmung und Abkühlung eines bekannten, also bereits vorhandenen Motors ist unter unzähligen Vernachlässigungen unbestimmbarer Werte rechnerisch zwar möglich[1]), jedoch für die Ausführung unbrauchbar.

Aus den hier entwickelten einfachen und genauen Verfahren der Ermittelung der Zugkräfte geht hervor, dass man für die Bestimmung der Grösse eines Motors den Höhenplan der ganzen Linie zur Verfügung haben muss und dass es nicht genügt, die grösseren von dem Motor im Betriebe zu bewältigenden Steigungen zu kennen.

1. d. Beispiele für Geschwindigkeits- und Stromverbrauchslinien.

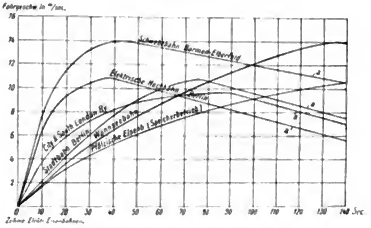
Die Beschleunigung eines Wagens oder Zuges richtet sich nach der Eigenart der Bahnanlage. Man würde bei allen elektrischen Bahnen die Beschleunigung, so weit es die Betriebsverhältnisse zulassen, möglichst gross halten, wenn dadurch nicht die Bauart und Anlagekosten beeinflusst würden. Es ist oben bereits dargelegt worden, dass hohe Beschleunigungen starke Motoren und Antrieb einer grossen Anzahl von Zugachsen bezw. hohes Lokomotivgewicht bedingen; ausserdem sind die Stromerzeugungs- und Leitungsanlage entsprechend gross zu halten. Bahnen mit geringen Fahrgeschwindigkeiten und langen Fahrstrecken gewinnen durch schnelle Anfahrten betriebstechnisch wenig. Man berechnet eine solche Anlage für geringe Beschleunigungen von 0,2 bis 0,25 m/sec. Dagegen ist die Beschleunigung für Bahnen mit hoher Fahrgeschwindigkeit, kurzen Fahrstrecken d. h. rascher Aufeinanderfolge der Haltestellen und dichter Wagenfolge von grosser wirtschaftlicher Bedeutung. Die Leistungsfähigkeit der Anlage steigt in einer solchen Weise, dass die durch hohe Beschleunigungen verursachten besonderen Anlagekosten für Motoren, Leitungen und Stromerzeuger wirtschaftlich gerechtfertigt werden.

[1]) Siehe z. B. Elektrotechn. Zeitschr. 1901, S. 921.

Es tritt nun in der Steigerung der Beschleunigung eines Fahrzeuges ein Punkt ein, von dem ab weitere Erhöhung der Anfahrtsgeschwindigkeit nur mit unverhältnismässig hohem Stromverbrauche erreichbar ist. Hiermit wächst aber auch die Grösse der Stromerzeugungsstelle. Die grösseren Betriebseinnahmen stehen dann mit den Betriebsausgaben nicht mehr in einem vorteilhaften Verhältnisse.

Textabb. 173 stellt die Beschleunigungslinien einer Reihe von Bahnanlagen

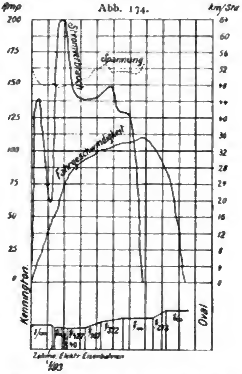
Abb. 173.



Beschleunigungslinien verschiedener Bahnen.

Die Linien a bedeuten stromloses Auslaufen des Zuges und sind hier nur für die Richtung nicht aber für die Zeitdauer massgebend.

Abb. 174.



Geschwindigkeits- und Stromverbrauchslinie der City and South London Ry.

dar. Es hat sich bei Bahnen mit dichter Bahnhofs- und Zugsfolge also z. B. Stadtbahnen mit etwa 600 m Bahnhofsabstand, als vorteilhaft erwiesen, den Zug nach Erreichung seiner Höchstgeschwindigkeit bis zum Eintritte einer ebenfalls starken Bremsung stromlos auslaufen zu lassen.

Textabb. 174[1]) giebt die Geschwindigkeits- und Stromverbrauchslinie der City and South London Ry (Untergrundbahn) auf der Strecke Kennington-Oval an. Dieselbe Beschleunigung wurde in Textabb. 173 eingetragen. Die Einheit der Weiten bedeutet in Textabb. 174 12,5 sec.

Die gleichen Angaben für die vierachsigen Speicherwagen der Kgl. Bayer. Pfälz. Eisenbahnen werden durch Textabb. 175[2]) dargestellt. Das Bruttogewicht der mit 108 Personen besetzten, einzeln fahrenden, vierachsigen Wagen beträgt 53,1 t. Die Spannung des Speicherstromes belief sich im Mittel auf 300 Volt. Die beiden Schuckert-Motoren sind in einem Drehgestelle untergebracht.

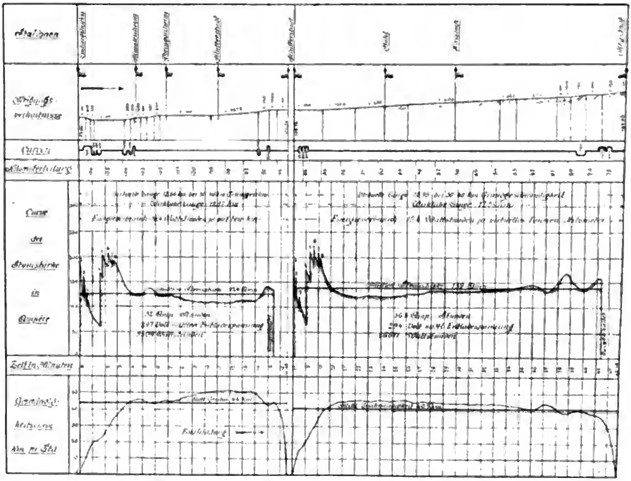
Die Stromverbrauchslinien eines gewöhnlichen Strassenbahnwagens (München) werden durch Textabb. 176 bis 179 veranschaulicht. Textabb. 176 bezieht sich auf einen zweiachsigen Triebwagen mit 1 Motor und Vorschaltwiderstands-Regelung. Wagen-

[1]) Mac Mahon, Vortrag im Inst. of Electr. Eng., London, 4. Mai 1899.

[2]) Gayer, Die Verwendung von Akkumulatoren für den Omnibusbetrieb auf Hauptbahnen, Vortrag im Vereine für Eisenbahnkunde, Berlin, 11. Dez. 1900.

gewicht 10,5 t. Strecke wagrecht. Spannung 600 Volt. Textabb. 177 bezieht sich auf einen vierachsigen Triebwagen mit einer Triebachse in jedem Drehgestelle (s. Textabb. 92). Wagengewicht 14 t. Spannung 600 Volt. Reihen-Parallel-Regelung. In

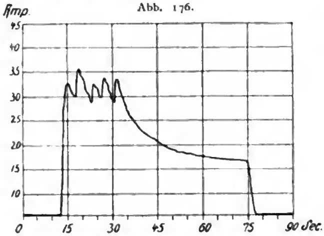
Abb. 175.



Geschwindigkeits- und Stromverbrauchslinien der Speicherwagen der Pfälz. Eisenbahnen.

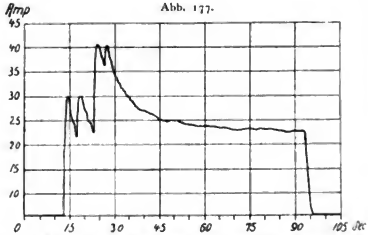
Textabb. 178 weist die in Textabb. 176 angegebene Linie eine vorübergehende Steigerung des Stromverbrauches auf, welche durch eine kurze Steigung der Strecke verursacht wurde.

Abb. 176.



Stromverbrauchslinie eines zweiachsigen Strassenbahn-Wagens.

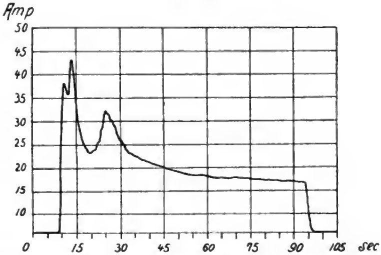
Abb. 177.



Stromverbrauchslinie eines vierachsigen Strassenbahn-Wagens.

Der Führer schaltete am Schlusse der Reihenschaltung (Punkt a) wieder aus, um sodann schnell wieder einzuschalten; bei Punkt b wiederholte er das Ausschalten um nach einer Pause bei Punkt c wieder einzuschalten, wobei er den Regler

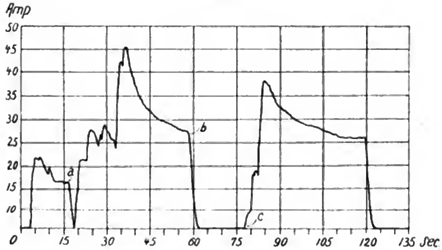
Abb. 178.



Stromverbrauchslinie eines zweiachsigen Strassenbahnwagens mit vorübergehend zunehmender Belastung.

schnell auf die letzte Stufe der Reihenschaltung und dann sofort auf die letzte Stufe der Parallelschaltung stellte. Der Bewegungswiderstand war in diesem Augenblicke geringer als bei der gleichen Reglerstellung während der Anfahrt. Diese Stromver-

Abb. 179.



Unregelmässige Handhabung des Reglers.

brauchslinie giebt ein Bild von den Unregelmässigkeiten in der Handhabung des Reglers und zeigt wie der Stromverbrauch von dem Strassenverkehre und der Besonnenheit des Führers abhängt.

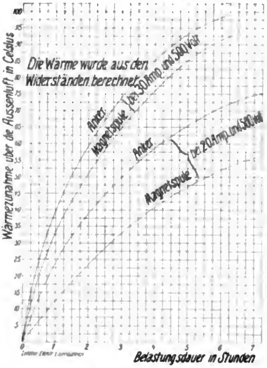
A. 2. Die Bezeichnung der Motorgrösse.

Die Grösse und Leistung eines Motors werden von den Bauanstalten in verschiedener Weise bezeichnet. Eine Veranlassung zu einer einheitlichen Bezeichnung

liegt auf dieser Seite nicht vor. Dagegen ist eine solche für Ausschreibungen, Prüfung von Entwürfen und für Abnahmen unerlässlich. Die Bemühungen, welche in dieser Richtung schon gemacht worden sind[1]), haben zu einem Ergebnisse bisher nicht geführt. Die hierüber bekannt gewordenen Vorschläge[2]) entbehren der Einfachheit, verlieren sich zu sehr in Einzelheiten oder sind geradezu unausführbar. Gewiss wäre die Leistungslinie des Motors in Verbindung mit den Angaben über die Erwärmung des Motors der vollkommenste Weg für die Bezeichnung der Grösse, jedoch ist die zeichnerische Darstellung der Eigenart eines Motors einmal dem Besteller oder Abnehmer nicht immer verständlich und sodann bei neuen Motoren nur umständlich ausführbar.

Die Bezeichnung des Motors in Pferdestärken ist unzulänglich, da die Zugkräfte innerhalb weiter Geschwindigkeitsgrenzen sich nicht ändern und demnach ein Motor je nach seiner Umdrehungsgeschwindigkeit verschiedene Arbeitsleistungen entwickelt. Grundlegend für die Leistung des Motors ist daher seine Zugkraft. Als zweiter Anhaltspunkt dient die zu einer bestimmten Zugkraft gehörige Umdrehungszahl. Fügt man hierzu noch die Angabe der Erwärmung, welche der Motor bei dieser Belastung innerhalb des Zeitraumes von 1 Stunde annimmt, so ist der Motor für die Ausführung genügend gekennzeichnet. Diese Leistungsgrenze darf auch bei der üblichen Überlastung bis zur 2,5 fachen Regelleistung nicht durch unzulässiges Feuern des Stromabgebers hinfällig gemacht werden, sowie überhaupt die ganze mechanische und elektrische Ausführung des Motors den für die massgebende Erwärmung in Betracht kommenden Gesichtspunkten sich unterzuordnen hat.

Abb. 180.



Erwärmungslinie eines geschlossenen Gleichstrom-Bahnmotors mit Hauptstromwicklung.

Die Erwärmung eines Motors nimmt etwa den in Textabb. 180 dargestellten Verlauf, bei dessen Feststellung die Wärmemessung mittels Widerstandsmessung an einem mit 20 km/Stde fahrenden Triebwagen erfolgte, die Motoren eine Regelleistung von je 30 Amp. bei 500 Volt besassen und hiermit nach einstündiger Belastung sich im Anker um 40° C über die Aussenwärme von 15° C erwärmten. Die Motoren waren wie üblich gegen die umgebende Luft völlig abgeschlossen. Die Erwärmung des Motors

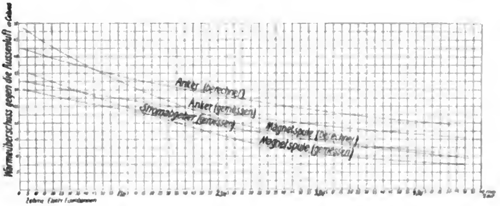
[1]) Auf Veranlassung des Verfassers wurde auf dem Internationalen Strassenbahn-Kongresse zu Paris, 1900, die einheitliche Bezeichnung der Motorleistungen zum Gegenstande eingehender Verhandlungen gemacht, die indessen zu einer Einigung noch nicht führten. Die Frage wurde vielmehr zu weiterer Verhandlung der XII. Jahresversammlung des Internationalen Permanenten Strassenbahn-Vereins in London, 1902, überwiesen.

[2]) Siehe z. B. Elektrotechn. Zeitschrift 1901 S. 73.

entsteht durch die dem Jouleschen Gesetze folgende Erwärmung der Wicklungen, durch die Wirbelstrom- und Hysteresisverluste, sowie durch die mechanische Reibung der Schleifbürsten des Stromabgebers und der Motorachse. Die zulässige Erwärmung ist überall verschieden. Während vorsichtige Bauanstalten nur bis 50° C über die mittlere Aussenwärme von 15° C gehen, wird dieser Wert bei amerikanischen Motoren bis zu 75° C festgesetzt. Erfahrungsgemäss hält die heute gebräuchliche Isolierung eine gesamte Wärme von 70° C aus, ohne, wie das bei höherer Erwärmung der Fall wäre, allmählich zu verkohlen. Die scheinbare Widerstandsfähigkeit eines Motors gegen andauernde, starke Überlastung beruht auf dem Vorgange der allmählichen Verkohlung, die schliesslich, auch ohne ersichtliche Veranlassung, zum Durchschlage der Isolation führt.

Die in Textabb. 180 angegebenen Linien zeigen, dass der Anker sich stärker und schneller erwärmte als die Magnetspulen, was auf der höheren Strombelastung der Ankerdrähte beruhte. Es könnte zweckmässig erscheinen, die Drahtquerschnitte im Anker und Magneten so zu bemessen, dass gleiche Erwärmung erfolge. Da jedoch, wie Textabb. 181 zeigt, die Abkühlung des Magneten, und zwar infolge der geringe-

Abb. 181.



Abkühlungslinien eines geschlossenen Gleichstrom-Bahnmotors mit Hauptstromwicklung.

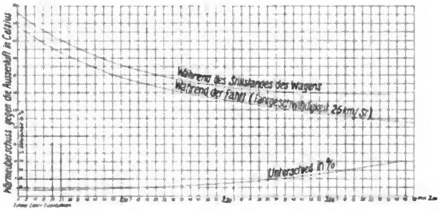
ren Abkühlungs-Oberfläche, langsamer vor sich geht als im Anker, so ist bei dem stetigen Wechsel der Wärmezufuhr und Wärmeabgabe im Betriebe der Wärmegrad in beiden Teilen annähernd gleich.

Die Bahnmotoren erhalten eine geschlossene Gestalt, welche die Ableitung der Wärme an die umgebende Luft erschwert. Textabb. 181 lässt erkennen, dass die Abkühlung eines Motors sehr langsam erfolgt. Die Messungen wurden an demselben Motor vorgenommen, auf den sich Textabb. 180 bezieht und zwar gleichfalls im Betriebe unter einem Triebwagen.

Es mag hier bemerkt werden, dass die Wärmemessung mittels Thermometers geringere Werte ergiebt (Textabb. 181), weil dieses nur die Wärme der die Wärme schneller ausstrahlenden Aussenschichten misst, während die Messung mittels Feststellung der Widerstandszunahme die Durchschnittswärme der ganzen Wicklung angiebt. Man hat verschiedene Versuche von Lüftung der Motoren gemacht, ohne dass sich hierbei eine nennenswerte Abkühlung der Innenteile des Motors ergeben hätte. Eine grössere Verbreitung hat nur die Innenkühlung des Ankers gefunden.

Die durch die Bewegung in der Luft verursachte Förderung der Wärmeausstrahlung eines Bahnmotors wird überschätzt. Sie beträgt in der That nur 3 bis 10 v. H. Textabb. 182 stellt die Abkühlung eines stehenden und fahrenden Motors dar. Die Bewegung in der Luft ersetzt nicht annähernd die durch die geschlossene Bauart

Abb. 182.



Abkühlung eines stehenden und fahrenden Gleichstrom-Bahnmotors mit Hauptstromwicklung.

hervorgerufene Verminderung der Abkühlung gegenüber dem offen gebauten Motor einer stehenden Anlage[1]). Hierbei ist ausserdem noch zu beachten, dass der Bahnmotor wegen der gedrängten Bauart mit grösseren Stromdichten und ungünstigeren inneren Abkühlungsverhältnissen arbeitet. Die Dauerbelastung eines Bahnmotors liegt deshalb erheblich tiefer als bei stehenden Motoren und beträgt nur 1/3 bis 1/4 der dem Motor zugeschriebenen Regelleistung[2]).

A. 3. Die Gleichstrommotoren.

3. a. Allgemeine Theorie der Gleichstrommotoren.

Allgemeines. Im Motor wird das elektrische Arbeitsvermögen in das mechanische umgesetzt. Die Wirkungsweise des Motors ist derjenigen des Stromerzeugers mit dem Unterschiede gleich, dass die genannte Umwandlung umgekehrt erfolgt. Sie beruht auf der elektromagnetischen Induktion, die zwischen einem magnetischen Felde, einem quer zur Richtung der sog. Kraftlinien desselben bewegten, stromdurchflossenen Leiter und der die Bewegung hervorrufenden Kraft herrscht. Während bei Stromerzeugung das magnetische Feld und die Bewegung vorhanden, der Strom in dem bewegten Leiter dagegen eine Folge beider ist, so rufen beim Motor Magnet und Strom im Leiter die Bewegung des letzteren hervor.

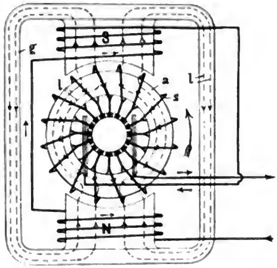
---

[1]) Es besteht darin ein grundsätzlicher Unterschied zwischen einem Bahnmotor und stehendem Motor. Die für letztere übliche Bezeichnungsweise findet bei Bahnmotoren keine Anwendung. Dass das nicht immer beachtet wird, zeigte u. a. ein Rechtsstreit, bei welchem ein Gutachten die dem Bahnmotor nach allgemeiner Gepflogenheit (s. o.) zugeschriebene Leistung dauernd verlangte und den nach fünfstündiger Arbeit verkohlenden Motor als zu klein bezeichnete. Die Bauanstalt erhob zu ihrem Schaden hiergegen keinen Einspruch.

[2]) Siehe S. 194.

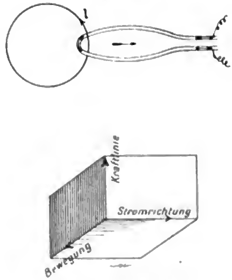
Textabb. 183 stellt diesen Vorgang dar. Das magnetische Feld werde in der üblichen, zwar nicht dem Vorgange entsprechenden, sondern nur den Begriff erleichternden Weise durch die Kraftlinien l dargestellt. Dieselben werden durch das Magnetgestell g und den eisernen Ankerkern a geleitet und bilden in sich geschlossene Linien. Der um den Ankerkern gewundene Leiter s schneidet bei Drehung des

Abb. 183.



Wirkungsweise eines Gleichstrommotors mit Hauptstromwicklung.

Abb. 184.



Induktionsvorgang im Motor.

Ankers die Kraftlinien, wobei die für die Induktion bezeichnende Verkettung (Textabb. 184) von Kraftlinie und Leiter entsteht.

Wie aus Textabb. 183 ersichtlich, muss sich die Stromrichtung in der Ankerwicklung ändern, wenn diese bei der Drehung des Ankers von einem Magnetpole zu dem der entgegengesetzten Polarität wandert. Dies wird mittels des sog. Stromabgebers (Kollektor) bewirkt, dessen Wesen gleichfalls aus Textabb. 183 hervorgeht. Dieser Maschinenteil stellt wegen der an demselben aus später angegebenen Gründen leicht auftretenden Lichtbogen eine schwache Seite aller Gleichstrommotoren dar.

Trotz der Übereinstimmung der Induktionsvorgänge unterscheiden sich Motoren und Stromerzeuger in wesentlichen Punkten von einander. Insbesondere ist dies bei den Motoren für Bahnbetrieb der Fall.

Diese Motoren müssen folgende Eigenschaften besitzen:

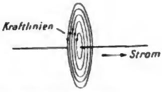
Geringes Gewicht.
Kleine Aussenmasse, gedrungener Bau.
Nach aussen abgeschlossene Form.
Grosse Zugänglichkeit aller Innenteile.
Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen und Feuchtigkeit.
Vorzügliche Isolation.
Überlastungsfähigkeit.
Funkenfreier Lauf.

Dagegen kommt es bei ihnen auf gleichbleibende Umlaufsgeschwindigkeit und

hohen Wirkungsgrad weniger an als bei Stromerzeugern, die wiederum an den grösseren Teil vorgenannter Bedingungen weniger streng gebunden sind.

Das magnetische Feld wird durch von einem Strome durchflossene Drahtwindungen erzeugt, die in der Form von Spulen über die Magnetkerne geschoben werden. Die um jeden der Spulendrähte sich bildenden Kraftlinien (Textabb. 185) summieren sich zum gesamten Kraftlinienflusse (Textabb. 186), der seinen Weg durch das Magnetgestell und den Anker nimmt. Jede Kraftlinie ist in sich geschlossen und sucht zu diesem Schlusse den Weg des geringsten Widerstandes.

Abb. 185.

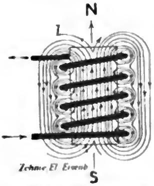


Entstehung des magnetischen Feldes um einen stromdurchflossenen Leiter.

Man unterscheidet Hauptstrommotoren von Nebenschluss- und sog. Kompoundmotoren.

Der Hauptstrommotor wird durch Textabb. 187[1]) gekennzeichnet. Die Magnetspulen m werden vom ungeteilten Ankerstrome durchflossen. Die Feldstärke ändert sich demnach mit dem Ankerstrome. Hieraus leiten sich, wie weiter unten gezeigt werden wird, für den Bahnbetrieb wertvolle Eigenschaften des Hauptstrommotors ab, die von keinem anderen Motor erreicht werden.

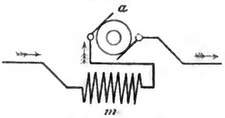
Abb. 186.



Erzeugung eines Elektromagneten.

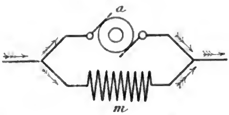
Beim Nebenschlussmotor (Textabb. 188[1])) erfolgt die Magneterregung durch einen vom Hauptstrome abgezweigten Nebenstrom, sodass, da Spannung und Magnetwiderstand sich nicht ändern, die Feldstärke und die von ihr abhängige Umlaufgeschwindigkeit unabhängig vom Ankerstrome gleichbleibende Werte besitzen. Die Magnetspulen sind für hohe Spannung, d. h. mit vielen Windungen feinen Drahtes zu wickeln, wodurch die Aussenmasse des Motors grösser als beim Hauptstrommotor ausfallen und Kurzschlüsse infolge der hohen Selbstinduktion schwer zu vermeiden sind. Ausserdem fallen bei der Anfahrt die Ankerströme erheblich stärker als beim Hauptstrommotor aus. Die gleichbleibende Umdrehungsgeschwindigkeit bietet für den Bahnbetrieb keinen Vorteil, selbst nicht die daraus sich ableitende Eigenschaft bei Leerlauf nicht „durchzugehen" wie der Hauptstrommotor dies thut. Die Motoren sind durch den Raddruck des Wagens ständig an die Bewegung des Wagens gekettet.

Abb 187.



Stromverlauf des Reihenmotors.

Abb. 188.



Stromverlauf des Nebenschlussmotors.

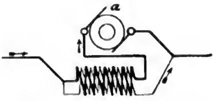
Der sog. Kompoundmotor (Textabb. 189) stellt eine Verbindung vorge-

[1]) Eisenbahntechnik der Gegenwart Bd. I, S. 668 u. 669.

nannter Motoren dar und soll ihre guten Eigenschaften miteinander vereinigen. Da er das jedoch nur zum Teil thut und im Übrigen die Nachteile des Nebenschlussmotors besitzt, eignen sich Kompoundmotoren nicht für Bahnbetrieb.

Zugkraft. Elektromotorische Gegenkraft. In einem Motor vollzieht sich neben seiner eigenen Induktion: — Magnet und Ankerstrom erzeugen Bewegung — eine Induktion wie bei Stromerzeugung: — Bewegung und Magnetfeld erzeugen Strom. — Diese elektromotorische Gegenkraft ist der des zugeführten Stromes entgegengesetzt. Es ist einleuchtend, dass die Summe aus der elektromotorischen Gegenkraft E und dem Ohm'schen Spannungsverluste in Anker und Magneten gleich der Klemmenspannung e des Motors sein muss, d. h.

Abb. 189.



Stromverlauf des Kompoundmotors.

$$e = I\,w + E \qquad \text{Gl. 26.}$$

worin I die Stromstärke und w den Widerstand des Motors bedeuten.

Da man auch

$$e\,I = I^2 w + E\,I \qquad \text{Gl. 27.}$$

schreiben kann, so folgt, dass die dem Motor zugeführte elektrische Arbeitsleistung e I (S. 206) teils in Wärme $I^2 w$, teils in Nutzarbeitsleistung E I zerfällt, welche letztere allein in mechanische Arbeitsleistung umgesetzt wird. Von letzterer sind die verschiedenen Arbeitsverluste des Motors in Abzug zu bringen, um die mechanische Nutzleistung des Motors zu erhalten. Es muss also sein

$$E\,I = A_m$$

wenn A_m die mechanische Arbeitsleistung der Ankerwelle bedeutet.

Diese Arbeitsleistung kann ausgedrückt werden durch:

$$P\,\frac{2\,r\,\pi\,n}{60}$$

worin r den mittleren Halbmesser der wirksamen Ankerwicklung, P die daran wirkende Umfangskraft und n die Umdrehungszahl des Ankers in der Minute bedeuten.

Das Moment Pr ist nun von der Stärke des Magnetfeldes d. h. der Anzahl N der Kraftlinien eines Poles, der Anzahl z der wirksamen Ankerdrähte, der Anzahl p der Polpaare des Motors und der Stromstärke i im Ankerdrahte nach der Beziehung abhängig:

$$P\,r = N\,i\,\frac{z}{2\pi}\,2\,p \qquad \text{Gl. 28.}$$

Es empfiehlt sich i durch die ganze Stromstärke I des Motors auszudrücken, was nach der Art der Stromverzweigung im Anker zu geschehen hat. Für die bei Strassenbahnmotoren mit 500 Volt Klemmenspannung gebräuchliche Seriewickelung ist z. B.:

$$i = \frac{I}{2}$$

woraus sich ergiebt

$$P\,r = N\,I\,z\,\frac{p}{2\pi} \qquad \text{Gl. 29.}$$

In der technischen Massordnung (S. 205) ausgedrückt ist

$$Pr = \frac{1}{9{,}81 \cdot 10^8} \frac{N z I}{2\pi} p \, \text{kgm} \qquad \text{Gl. 30.}$$

Nach Gl. 27 wird von der gesamten elektrischen Arbeitsleistung e I nur der Teil E I in mechanische Arbeitsleistung umgesetzt und es ist deshalb

$$E I = Pr \frac{2\pi n}{60}$$

Setzt man hierin den Wert für Pr aus Gl. 29 ein, so folgt

$$E I = N I z \frac{p}{2\pi} \frac{2\pi n}{60}$$

und

$$E I = N I z p \frac{n}{60}$$

woraus sich ergiebt

$$E = N z p \frac{n}{60} \qquad \text{Gl. 31.}$$

Es ist also die elektromotorische Gegenkraft eines bestimmten Motors nur von der Feldstärke und Umdrehungszahl abhängig.

In der t. M. (S. 205) ausgedrückt ist

$$E = N z p \frac{n}{60} 10^{-8} \text{ Volt} \qquad \text{Gl. 32.}$$

Arbeitsverluste. Es ist durch Gl. 27 gezeigt worden, dass von dem gesamten, dem Motor zugeführten elektrischen Arbeitsvermögen e I nur der Teil E I in mechanisches Arbeitsvermögen umgesetzt wird, während der Betrag I^2 w in Wärme verwandelt wird. Dieser Verlust steigt also mit dem Quadrate der Stromstärke und im einfachen Verhältnisse mit dem inneren Motorwiderstande, welcher indes mit der Motorwärme zunimmt. Bei diesem Arbeitsumsatze treten jedoch bis zur Arbeitsleistung der Motorwelle noch einige weitere Verluste auf.

Reibungsverluste. Die Reibungsverluste entstehen durch die Reibung der Motorwelle in ihren Lagerungen, der Schleifbürsten auf dem Stromabgeber und durch die Widerstände der Luftbewegung. Letztere können auch bei künstlich gekühlten Ankern vernachlässigt werden. Die Lagerreibungen werden wie bei anderen Maschinen ermittelt, wobei jedoch auf den einseitigen Druck der Zahnräder, sowie auf etwaige einseitige magnetische Züge zu rechnen ist. Die Reibung der Schleifbürsten auf dem Stromabgeber ist besonders bei grossen Durchmessern der letzteren nicht unerheblich. Der Reibungswert der als Bürste gebräuchlichen Kohle auf Kupfer beträgt etwa 0,25 und der Bürstendruck 0,15 kg / qmm.

Ankerrückwirkung. Unter der Ankerrückwirkung sollen hier die Verluste verstanden werden, die aus der Umkehr des Stromes an den Auflagepunkten der Bürsten am Stromabgeber und aus der Verschiebung des äusseren Magnetfeldes durch den Ankermagnetismus entstehen. Beide Vorgänge hängen insofern zusammen, als sie eine Verschiebung der Bürsten erfordern.

Wie aus Textabb. 190 hervorgeht, wird durch die Bürste b die Spule a des Ankers kurzgeschlossen, indem der Strom aus den Lamellen c und d unmittelbar in die Ankerwicklungen eintritt. Der vor diesem Kurzschlusse in der Spule a noch fliessende Strom erzeugte um diesen Leiter ein magnetisches Feld (s. Textabb. 186), welches nun, während der kurzen Zeit des Kurzschlusses verschwinden soll, um im nächsten Augenblicke, sobald die Bürste auf den Lamellen d und e steht (Textabb. 191) und die Spule a von einem Strome, in entgegengesetzter Richtung durchflossen wird, einem magnetischen Felde entgegengesetzter Polarität zu weichen. Hiermit ist die Entstehung eines in gleicher Richtung fliessenden Selbstinduktionsstromes verbunden, der beim Übergange der Bürste b von der Lamelle d auf e einen Lichtbogen erzeugt. Dieser Vorgang wird noch dadurch unterstützt, dass der jetzt in die Spule a über die Lamelle d geleitete Strom in der Spule ein magnetisches Feld entgegengesetzter Polarität erzeugen muss, was dem Zustandekommen des vollen Stromes in dieser Spule hindernd im Wege steht. Diese Selbstinduktion ist bei Ringankern grösser als bei den heute fast allgemein gebräuchlichen Trommelankern, desgleichen bei einigen Ankerwicklungen, bei denen auf eine Stromabgeberlamelle eine grössere Anzahl Ankerwindungen entfällt. Man drückt die Funkenbildung durch Verwendung von Bürsten aus nicht gut leitenden Stoffen und zwar aus Kohle möglichst herab.

Abb. 190.

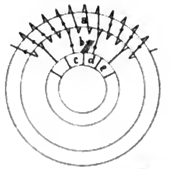
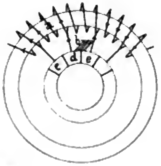


Abb. 191.



Stromwendung.

Die grössere Ankerrückwirkung besteht darin, dass der eiserne Ankerkörper unter dem Einflusse der Ankerwicklung selbst zu einem Magnete wird, der dem Motormagnete teilweise entgegenwirkt.

Textabb. 192 stellt diesen Vorgang dar: l_m bedeuten die Kraftlinien des Motormagneten, l_a die des Ankermagneten. Das magnetische Feld des Motors, welches beim stromlosen Anker gleichmässig über die Polflächen sich erstreckt, sodass die zwischen zwei benachbarten Polen liegende sog. neutrale Zone, in der die Kraftlinien ihre Richtung umkehren und daher eine Induktion nicht ausüben, wird entgegen der Drehrichtung verschoben.

Diese Ankerrückwirkung und die Selbstinduktion bedingen also eine Bürstenverschiebung entgegengesetzt der Drehrichtung. Das ist aber nur bei den Motoren mit gleichbleibender Drehrichtung möglich. Bei den in beiden Richtungen umlaufenden Bahnmotoren verschiebt sich die funkenfreie Zone beim Rücklaufe um ebensoviel nach der einen als beim Vorwärtslaufe nach der anderen Seite, sodass die Bürsten des Stromabgebers genau in der Mitte zwischen zwei aufeinander folgenden Magnetpolen stehen müssen.

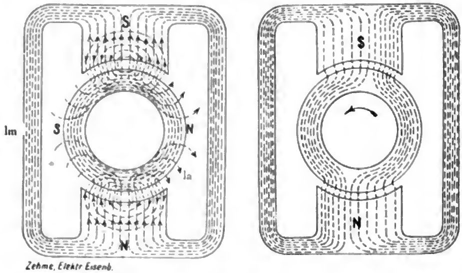
Die Verschiebung des Magnetfeldes hängt von der jeweiligen Stromstärke, von dem Luftraume zwischen Anker und Polschuh und von dem Verhältnisse der beiden Magnetfelder ab. Man wirkt ihr durch ein im Vergleiche zum Ankermagnetis-

mus starkes Motormagnetfeld entgegen. Die Zahlen der Ampèrewindungen des Ankers und Motormagneten verhalten sich bei Bahnmotoren etwa wie 1:3 bis 1:4,5.

Der durch die Ankerrückwirkung bewirkte Arbeitsverlust besteht darin, dass die mittlere Stärke des Magnetfeldes kleiner ausfällt und zu der der Motorberechnung zu Grunde gelegten Feldstärke eine höhere Ampèrewindungszahl erforderlich ist.

Hysteresis. Die durch die sog. Hysteresis, d. h. magnetische Trägheit des Eisens hervorgerufenen Verluste beruhen auf der fortlaufenden Ummagnetisierung des

Abb. 192.



Verschiebung des Magnetfeldes durch den Ankermagnetismus.

Ankereisens. Die Magnetisierung einer Eisenmasse sowie überhaupt die Erzeugung eines Magnetfeldes bedeutet die Erzeugung ruhenden Arbeitsvermögens. Da nun der Ankerkern auf seinem Wege von einem Pole zum nächsten von dem Höchstwerte seines Magnetismus zuerst völlig entmagnetisiert und darauf wieder zum Höchstwerte der entgegengesetzten Polarität magnetisiert werden muss (s. Textabb. 183), so ergiebt sich daraus ein stetiger Verlust an Arbeitsvermögen, der umso grösser ist, je stärker das Feld und je grösser die Umlaufgeschwindigkeit des Ankers und die Polzahl sind.

Wirbelströme. Die elektromagnetische Induktion erstreckt sich nicht allein auf die Ankerwicklungen, sondern auch auf alle in der Richtung des induzierten Stromes liegenden und magnetische Kraftlinien schneidenden Metallteile. An dieser schädlichen Induktion nehmen also der Ankerkern und seine Befestigungsteile, die Polschuhe und selbst die Ankerwicklungen teil.

Der Ankerkern kann aus neben einander zur Ankerachse parallel liegenden Stäben zusammengesetzt gedacht werden, in denen, da sie die Kraftlinien gleichfalls schneiden, eine schädliche Induktion entstehen würde. Um dem vorzubeugen, teilt man den Ankerkern senkrecht zur Achse in einzelne, von einander elektrisch isolierte Scheiben. Die diese Scheiben zusammenhaltenden Schraubenbolzen können von dieser Induktion indes nicht freigehalten werden; man isoliert sie indessen zwecks Verringerung ihrer Induktion vom Ankerkörper. Um die der Festigkeit halber stärker gehaltenen Endscheiben induktionsfrei zu halten, bringt man sie ausserhalb des Magnetfeldes, indem man den Anker etwas länger (10 bis 15 mm) als die Polschuhe ausführt.

Ausser diesen Wirbelströmen sind noch diejenigen von Belang, welche in den Polschuhen induziert werden. Die aus den letzteren austretenden Kraftlinien werden von den Zähnen des Ankers bei dessen Drehung bis zu einer gewissen Grenze mitgenommen und erzeugen hierdurch in dem Eisen des Polschuhes parallel zur Ankerachse gerichtete Ströme, welche das Eisen erwärmen. Man „blättert“ deshalb auch die Polschuhe, indem man sie aus dünnen, von einander isolierten Eisenscheiben zusammensetzt. Auch dienen tiefe, schmale Nuten im Anker zur Verringerung dieser schädlichen Induktionen.

Magnetisches Feld. Bei Berechnung der in Gl. 28 u. f. enthaltenen Grösse N für die Stärke des magnetischen Feldes, d. h. Anzahl der auf den Pol entfallenden Kraftlinien, geht man von der Grundgleichung aus:

$$M = 0{,}4\, \pi\, i\, n \qquad \text{Gl. 33.}$$

worin n die Windungszahl der Magnetspule, i die Erregerstromstärke und M die sog. magnetomotorische Kraft bedeutet, welche aufzuwenden ist, um die magnetische Masseneinheit auf der von einem Pole zum anderen gehenden Kraftlinie zu bewegen. Diese Kraft, welche gleich der elektromotorischen Kraft der Induktion eigentlich als eine auf einem bestimmten Wege geleistete Arbeit aufzufassen ist, kann auch durch die auf einen im magnetischen Felde befindlichen Einheitspol wirkende sog. magnetisierende Kraft H nach der Beziehung ausgedrückt werden

$$M = \mathfrak{H} \, . \, l = 0{,}4\, \pi\, i\, n$$

worin l die mittlere Länge der Kraftlinien bedeutet. Es sind in der c. g. s. M. l in cm, i in Amp. und $\mathfrak{H}$ in Dynen auszudrücken. Diese magnetische Induktion $\mathfrak{H}$ der Luft erzeugt in dem Magneteisen die Induktion $\mathfrak{B}$, beide werden in Kraftlinien auf 1 qcm gemessen. Das Verhältnis der Kraftlinienzahl in der Luft zu der im Eisen wird magnetische Permeabilität des Eisens genannt. Man drückt dasselbe aus durch

$$\frac{\mathfrak{H}}{\mathfrak{B}} = \mu$$

In Textabb. 193[1]) ist dieses Verhältnis bildlich dargestellt, wobei jedoch an Stelle von $\mathfrak{H}$ die Amp.-Windungen i n (Gl. 33) eingesetzt sind, die zur Erzeugung der Induktion $\mathfrak{B}$ für 1 cm Kraftlinienweg erforderlich sind.

Die Zahl der aus den Polschuhen in den Anker übertretenden Kraftlinien ist nun wegen der sog. Streuung, d. h. nicht durch den Anker bewirkten Schlusses der Kraftlinien verschieden von der des Magnetgestelles. Man berechnet daher die Amp.-Windungen für alle Teile gesondert.

Bezeichnet man mit

$\mathfrak{B}_a, \mathfrak{B}_l, \mathfrak{B}_g$ die magnetische Induktion im Anker, in der Luft und im Motorgestelle,

l_a, l_l, l_g die Kraftlinienwege in diesen Teilen in cm

q_a, q_l, q_g die Querschnitte dieser Teile in qcm,

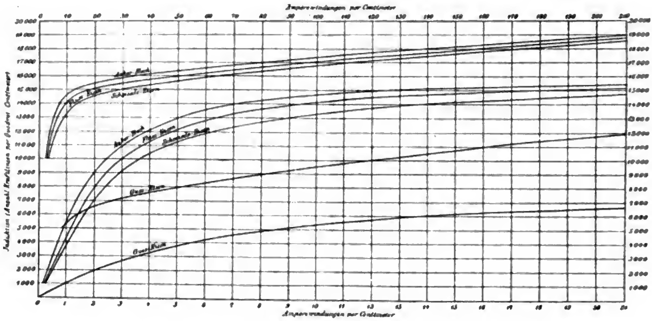
so ist

$$\mathfrak{B}_a = \frac{N}{q_a}, \quad \mathfrak{B}_l = \frac{N}{q_l}, \quad \mathfrak{B}_g = \frac{N}{q_g} \qquad \text{Gl. 34.}$$

[1]) Siehe Kapp, Elektromechanische Konstruktionen, I. Aufl. S. 8.

Es ist bei der Bestimmung von q und l darauf zu achten, dass die Isolationsschichten zwischen den Anker- und Polschuhblechen den Querschnitt verringern, dass der aus einem Polschuhe austretende Kraftlinienstrom im Anker sich in zwei

Abb. 193.



Magnetisierungslinien.

Richtungen teilt, dass der mittlere Querschnitt der Luft zwischen Anker und Polschuh wegen des fächerförmigen Austrittes der Kraftlinien aus den Polschuhspitzen etwas grösser, als die Zeichnung ergiebt, anzunehmen ist und endlich, dass im Magnetgestelle ein Teil der Linien austritt und sich ausserhalb des Ankers, d. h. ohne Beteiligung an der elektromagnetischen Induktion schliesst[1]).

Im Allgemeinen ist bei der Zeichnung des Motors und Berechnung seines Magnetfeldes noch auf folgendes zu achten. Die Anordnung der Pole und deren Magnetspulen beeinflusst die Grösse der letzteren und den Wirkungsgrad des Motors. Diese Anordnung ist so zu treffen, dass die Amp.-Windungen, die Erwärmung der Spule und die Streuung möglichst gering und der Austritt der Kraftlinien an allen Polen völlig gleichmässig werden. In dieser Beziehung ist Anordnung nach Textabb. 196 besser als die nach Textabb. 195 und letztere besser als die nach Textabb. 194. Fehlt es für die Spulen an Platz, so ist eine Anordnung nach Textabb. 197 immer noch derjenigen nach Textabb. 196 vorzuziehen. Für die Abkühlung der Spule ist wie bei allgemeinen Widerständen die auf die Einheit der Oberfläche entfallende Anzahl von Watt massgebend. Grosse Polflächen vermindern die Streuung; man versieht daher die Magnetkerne an ihrer dem Anker zugekehrten Seite mit sog. Polschuhen.

Man wählt die Kraftliniendichte in dem Magnetgestelle der gedrungenen Bauart wegen hoch (13000 bis 15000 / qcm) und schliesst die äussere Form des Gestelles wegen der Aussenmasse und des magnetischen Widerstandes so eng als möglich ein. Die Kraftliniendichte soll mit Berücksichtigung der Streuung in allen Teilen

[1]) Siehe Kapp, Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom, III. Aufl. S. 175 u. f.

des ganzen Linienflusses gleichmässig sein, weil dadurch der magnetische Widerstand weiterhin ermässigt wird.

Der Baustoff der Magnetgestelle besteht aus einer besonderen Stahlsorte, welche im Allgemeinen Flusseisen genannt wird. Die Permeabilität (S. 203) desselben ist zwar erheblich höher als die der Luft, trotzdem empfiehlt es sich mit Rücksicht auf die hohe Liniendichte, die Permeabilität des zu verwendenden Stahles zu untersuchen.

Ein starkes Magnetfeld ist bei Bahnmotoren von besonderem Vorteil, weil es zur Verringerung der Ankerwindungen, des Widerstandes derselben und der Ankerrückwirkung beiträgt.

Mit Verringerung der Umdrehungszahlen der Bahnmotoren ist man auf höhere Polzahlen gekommen, was sich aus Gl. 31 sowie der daraus abgeleiteten Beziehung:

$$n = \frac{60\,E}{N z\, p} \qquad \text{Gl. 35.}$$

ergiebt. Man wählt für alle Motoren über 10 kg Zugkraft am Hebelarme 1 m der Motorwelle vier Pole. Sechs Pole sind nur vorübergehend zur Probe ausgeführt worden.

3. b. Berechnung der Gleichstrommotoren.

Da aus den oben mehrfach erwähnten Gründen Nebenschlussmotoren im Bahnbetriebe berechtigte Verwendung nicht finden, erstreckt sich die nachfolgende Berechnungsweise nur auf Hauptstrommotoren.

Der Motor besteht in elektrischer Beziehung aus dem eisernen Ankerkerne, auf den der umlaufende Leiter gewickelt ist und dem Magneten, dessen Kraftlinien der Leiter schneidet. Die Berechnung betrifft also den Anker und Magneten.

Mechanische und elektrische Arbeitsleistung.

Da die Berechnung von der verlangten mechanischen Arbeitsleistung ausgeht, ist zunächst die Beziehung zwischen elektrischer und mechanischer Arbeitsleistung zu erörtern. Man drückt die hierzu dienenden Masseinheiten in der sog. absoluten oder c. g. s. Massordnung aus, in welcher als Grundgrössen nur das Centimeter, die Sekunde und das Gramm (als Masse) dienen.

Die Einheit der *mechanischen Arbeitsleistung* in dieser Massordnung ist das erg/sec und es ist

$$1 \text{ skgm} = 9{,}81 \,.\, 10^7 \text{ erg/sec} \qquad \text{Gl. 36.}$$

Begründung. Die Einheit der Kraft ist im c. g. s. M.[1]) die Kraft (Dyne), welche der Masse von 1 gr in 1 sec die Beschleunigung von 1 cm erteilt. Da in der t. M.[1]) 1 kg den Druck einer Masse von 1 kg bedeutet und diese Masse in 1 sec. die Beschleunigung von 981 cm erfährt, so ist

$$1 \text{ kg (t. M.)} = 9{,}81 \,.\, 1000 \,.\, 100 \text{ Dynen (c. g. s. M.)}$$
$$= 9{,}81 \,.\, 10^5$$

[1]) Im folgenden werden der Kürze wegen mit
t. M. die technische oder metrische Massordnung
c. g. s. M. die sog. absolute Massordnung
bezeichnet

Das kg leistet auf dem in 1 sec zurückgelegten Wege von 1 m Länge 1 skgm, die Dyne auf dem in 1 sec zurückgelegten Wege von 100 cm Länge 1 erg/sec; es ist also

$$1 \text{ skgm (t. M.)} = 9{,}81 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 10^2 \text{ erg/sec}$$
$$= 9{,}81 \cdot 10^7 \text{ erg/sec}$$

Die elektrische Arbeitsleistung wird durch den Ausdruck

$$E \cdot I$$

dargestellt. Derselbe bezeichnet seiner Zusammensetzung nach die Arbeit, welche eine von der Spannung E in einem Leiter bewegte elektrische Masse (Stromstärke) I in einer Sekunde leistet. Für die Einheit dieser Leistung, d. h. Volt-Ampère oder Watt, gilt

$$1 \text{ Watt} = \frac{1 \text{ skgm}}{9{,}81}$$

oder

$$1 \text{ skgm} = 9{,}81 \text{ Watt} \qquad \text{Gl. 37.}$$

$$1 \text{ P. S.} = 75 \text{ skgm} = 736 \text{ Watt} \qquad \text{Gl. 38.}$$

Begründung. Die Spannung E wird technisch in Volt, die Stromstärke I in Ampère gemessen. Der einfacheren technischen Rechnung wegen hat man

$$1 \text{ Volt} = 10^8 \text{ Spannungseinheiten}$$

und

$$1 \text{ Amp.} = 0{,}1 \text{ Einheiten der Stromstärke}$$

der c. g. s. M. festgesetzt, sodass sich ergiebt:

$$1 \text{ Watt} = 10^8 \cdot 0{,}1 \text{ erg/sec}$$
$$= 10^7 \text{ erg/sec}$$

Da nach Gl. 36

$$1 \text{ skgm} = 9{,}81 \cdot 10^7 \text{ erg/sec}$$

ist, so folgt

$$1 \text{ skgm} = 9{,}81 \text{ Watt}$$

Es sei nun von einem zu berechnenden Motor seine Leistung L in PS und die zugehörige Umlaufgeschwindigkeit n/min nebst der Klemmenspannung gegeben. Man bestimmt zuerst die Stromstärke des Motors. Da es sich hier um einen Hauptstrommotor handelt, werden Anker und Magnet von demselben Strome durchflossen. Der die auf S. 200 bis 202 aufgeführten Arbeitsverluste des Motors einschliessende Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis der mechanischen Arbeitsleistung an der Motorwelle zu der zugeführten elektrischen Arbeitsleistung sei η, und die Klemmenspannung e in Volt; alsdann ist die Motorstromstärke

$$I = \frac{L \cdot 736}{\eta \cdot e}$$

Der Wirkungsgrad der Bahnmotoren kann je nach der Grösse der letzteren zwischen 80 und 90 v. H. angenommen werden. Strassenbahnmotoren gebräuchlicher Grösse besitzen etwa 83 v. H. Wirkungsgrad.

Für diese Stromstärke ist der Querschnitt des Ankerdrahtes zu berechnen, wobei auf die Ankerwicklung und Stromverzweigung im Anker zu achten ist. Die Anzahl der Pole des Motors wird nach den oben angegebenen Gesichtspunkten bestimmt.

Von der Stromdichte im Ankerdrahte ist dessen Erwärmung abhängig, die ein gewisses Mass nicht überschreiten darf, damit die Isolation des Drahtes nicht Schaden leide. Das sich in Wärme verwandelnde elektrische Arbeitsvermögen ist nach dem Joule'schen Gesetze gleich

$$I^2 w$$

worin I die Stromstärke im Drahte und w den Widerstand des letzteren bedeuten. Man rechnet 2 bis 5 Amp. auf 1 qmm des Ankerdrahtes je nach der Bauart des Motors.

Die bleibende Erwärmung des Motors hängt von der Art der Verteilung und Ableitung der Wärme ab, die mit der Vergrösserung des Querschnittes des Leiters abnimmt und sich wie auf S. 194 bis 196 näher angegeben nach der Bauart des Motors und der Betriebsart der Bahn richtet.

Nach Bestimmung des Drahtquerschnittes der Ankerwicklung setzt man den Durchmesser des Ankers fest. Man besitzt hierbei an den entsprechenden Abmessungen von Motoren ähnlicher Grösse Anhaltspunkte, andernfalls die hier folgende Rechnung unter Veränderung der einen oder anderen Grösse so lange zn wiederholen ist, bis zwischen Durchmesser und Breite des Ankers, Drahtzahl der Ankerwicklung und Magnetgrösse gute Verhältnisse sich ergeben. Es lassen sich bei der Berechnung eines Gleichstrommotors die genannten Grössen nicht aus den bisher allein gemachten Annahmen der Leistung des Motors d. h. Stromstärke, Spannung und Umdrehungszahl nacheinander herausrechnen, da sie sich in jedem Falle nach den gerade vorherrschenden Bedingungen richten; eine schematische Ermittlung, z. B. aus für bestimmte Verhältnisse zugeschnittenen Formeln, ergiebt meist unvorteilhafte Abmessungen und Verhältnisse. Der Ankerdurchmesser ist so gross anzunehmen, als die Aussenmasse des Motors und die Grösse der Magnetspulen es zulassen. Kleine Durchmesser haben bei gleicher Drahtzahl grössere Ankerbreite und erhöhte Ankerverluste zur Folge. Die mit der Fliehkraft verbundenen Gefahren für die Ankerwicklung beginnen erst bei Umfangsgeschwindigkeiten über 25 m/sec aufzutreten. Für erhöhte Drahtzahl aber ergiebt der grössere Ankerdurchmesser geringere Umdrehungszahlen, die sich den Anforderungen der Fahrzeuge besser anpassen.

Aus dem Durchmesser des Ankers ergiebt sich unter weiterer Annahme der Wicklungsart die Anzahl der wirksamen Drähte der Ankerwicklung. Die Anordnung der Drähte auf einem glatten Anker ergiebt sich aus dem äusseren Durchmesser des isolierten Drahtes von selbst. Dagegen ist bei Nuten- oder Lochankern hinsichtlich der Breite und Tiefe der Nuten bezw. Durchmesser der Ankerlöcher mehr als eine Möglichkeit der Ausführung gegeben. Die Abmessungen der Nute, die Anzahl der Nuten und der Drähte in jeder Nute richten sich nach der magnetischen Leitungsfähigkeit des Zahnquerschnittes und der praktischen Ausführbarkeit der Nutung und Bewicklung des Ankers. Für die Verhältnisse der Nutenteilung zur Nutenbreite und der letzteren zur Nutentiefe lassen sich bestimmte Regeln nicht angeben. Man findet dieselben z. B. mit 2 bezw. 1 : 12 oder 2,5 bezw. 1 : 6. Je mehr Zähne sich unter einem Pole befinden, je grösser also die Nutenzahl ist, um so tiefer darf die Nute gewählt werden.

Die Zahl der wirksamen Ankerdrähte sei insgesamt z, alsdann wird die Beziehung zwischen den obengenannten Grössen durch

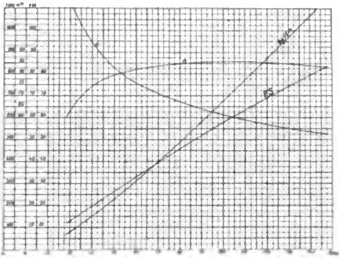
$$\mathrm{Pr} = \mathrm{NI}\,\frac{\mathrm{n}}{2\pi}\,\mathrm{p}$$

ausgedrückt. Hierbei ist sog. Seriewicklung des Ankers vorausgesetzt. Aus dieser Gleichung kann N, d. h. die aus einem Pole in den Anker übertretende Kraftlinien-

zahl gefunden werden. P bedeutet die als gegeben vorausgesetzte Zugkraft des Motors, am Ankerumfange gemessen und r den mittleren Halbmesser der wirksamen Ankerwicklung (siehe S. 199 und 200).

Aus der höchstzulässigen Kraftliniendichte auf 1 qcm des Zahnquerschnittes an seiner schwächsten Stelle ergiebt sich die Länge des Zahnes und mithin des Ankers selbst. Die Anzahl der hierbei unter einem Pole stehenden Zähne richtet sich nach dem von einem Pole umspannten Teile des Ankerumfanges. Polschuhe sind hierbei zweckmässig; sie erhöhen jedoch bei unzweckmässiger Anordnung die magnetische Streuung. Die Kraftliniendichte im Zahne an erwähnter Stelle kann je nach Güte des Stoffes 15 bis 20000/qcm betragen, wobei auf die Unterteilung des Ankerkernes und auf die Isolationszwischenlage 0,15 bis 0,10 v. H. Verlust an Querschnitt zu rechnen ist.

Abb. 194.



Schaulinien der Motorleistung (Charakteristik). Klemmenspannung 500 Volt.

Die Berechnung der Magnetspule d. h. Ampèrewindungen erfolgt noch S. 203. Für den Rückschluss der Kraftlinien durch das Motorgestell ist auf die Stirnseiten des letzteren Rücksicht zu nehmen.

Es hängt nun ganz von dem verfügbaren Raume ab, ob man sich mit dem gewonnenen Ergebnisse zufrieden giebt oder unter Annahme einer bestimmten Ankerlänge und mithin Kraftlinienzahl die Gesamtzahl n der Ankerdrähte bestimmt. Jedenfalls ist der fertige Motor durch Nachrechnung sorgfältig zu prüfen und gegebenenfalls unter Annahme anderer Grundlagen die ganze Rechnung zu wiederholen. Textabb. 194 giebt die bildliche Darstellung der Motorleistung wieder.

3. c. Die Ausführung der Gleichstrommotoren.

Auch in der mechanischen Ausbildung der Motoren für Bahnbetrieb weichen die Grundsätze der massgebenden Bauanstalten nur unerheblich von einander ab. Diese Unterschiede erstrecken sich heute nur auf die äussere Gestalt und unwesentliche Einzelheiten der Motoren.

Einen grossen Einfluss auf die Ausbildung der Motoren übten trotz der zeitlich älteren elektrischen Bahnanlagen Deutschlands die Bauanstalten der Ver. Staaten Nordamerikas aus, welche infolge der zahlreichen, alle anderen Ländern übertreffenden Bauten elektrischer Bahnen über reiche Erfahrungen verfügten. Unter ihnen waren es besonders die Thomson-Houston Electric Co. und die Edison General Electric Co. welche, unterstützt von geldkräftigen Unternehmern, zuerst einzeln und nach ihrer 1892 bewirkten Vereinigung als die General Electric Co. das Feld beherrschten. Ausserdem beteiligten sich erfolgreich an der Entwicklung

der Motoren Frank J. Sprague, dessen Zeichnungen die Edison General Electric Co. ausführte, S. H. Short, Eickemeyer, die Westinghouse Manuf. Co. u. a.

Die Leistungsfähigkeit der grösseren, inländischen Werke steht heute derjenigen Amerikas gleich und übertrifft diese, was die Anwendung amerikanischer Erzeugnisse bei inländischen Bahnen betrifft, insofern, als die Ausführung sich ohne wesentliche Änderung des Modelles den Verhältnissen anpasst, während die Amerikaner an den für ihre Bahnen zugeschnittenen Modellen der billigen Massenherstellung zulieb auch bei ausländischen Bahnanlagen zähe festhalten.

c. α. Das Magnetgestell[1]).

Das Motorgestell wurde schon bei den Ausführungen der ersten brauchbaren Bahnen durch das Magnetgestell gebildet. Während es indessen früher offen war, hat es heute eine geschlossene Form. Von der aus dem Jahre 1879 stammenden Bauart von Siemens & Halske (der elektrischen Bahn der Gewerbeausstellung Berlin 1879, der Strassenbahn Frankfurt-Offenbach 1883 und in Mödling bei Wien 1884) abgesehen, gab zuerst Frank J. Sprague dem Bahnmotor eine für den Betrieb geeignete Gestalt (Strassenbahn Richmond 1886). Er verwarf die für die Arbeitsübertragung ungeeigneten Hilfsmittel wie Kette, Seil und Winkelräder und wandte eine zweifache Zahnradübersetzung mittels Stirnräder an; ferner verband er die hierzu erforderlichen Lager und Tragarme unmittelbar mit dem Motor und lagerte das Ganze mittels zweier Stützlager auf die Wagenachse, um die der Motor unter Wahrung des Zahnradeingriffes und, soweit dies die federnde Aufhängung seines anderen Endes zuliess, schwingen konnte. Textabb. 195 stellt diese in dem heutigen Motor noch wiederzufindende Grundform dar. Die federnde Aufhängung hielt die Erschütterungen des Wagens teilweise vom Motor ab und milderte den Stoss im Triebwerke bei der Anfahrt. Der Motor war zweipolig, besass einen Ringanker nach Gramme und wurde durch die gleichfalls von Sprague angegebene Unterteilung der Magnetwicklung geregelt[2]).

Der im Jahre 1887 und 1888 von der Thomson-Houston Co. gebaute Motor war dem vorerwähnten Sprague'schen Motor ohne Verbesserungen nachgebildet. Auch Short u. a. bauten diesen Motor nach.

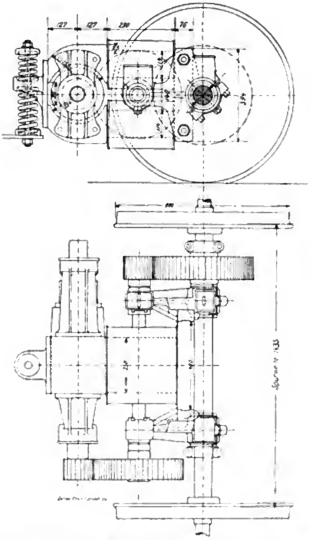
Die erste Verbesserung des Sprague'schen Motors ging von der Thomson Houston Co. anfangs 1890 aus, die zunächst nur noch eine einzige Stirnräderübersetzung anwandte und, hierdurch genötigt, die ⊔-Form der Magnete zu einer gedrängteren Form brachte. Textabb. 196 giebt diesen Motor, der als S. R. G. (single reduction gear) Motor bezeichnet wurde, wieder. Bis dahin hatte man an der hohen Umlaufsgeschwindigkeit der Motoren mit Rücksicht auf den Wirkungsgrad festhalten zu müssen geglaubt. In dem S. R. G. Motor ist die heutige Gestalt der Bahnmotoren bereits vorhanden. Die Eigenart der niedrigen, dicht an den Anker heran-

[1]) Obgleich die Angabe des Entwicklungsganges an sich nicht zu den Aufgaben des Handbuches gehört, soll hier bezüglich des Motors und einiger elektrischen Einrichtungen eine Ausnahme gemacht werden, weil deren Entwicklung einfach ist und zum Verständnisse der heutigen Bauarten beiträgt. Die Angaben entstammen persönlichen Aufzeichnungen des Verfassers.

[2]) S. Regelung der Gleichstrommotoren.

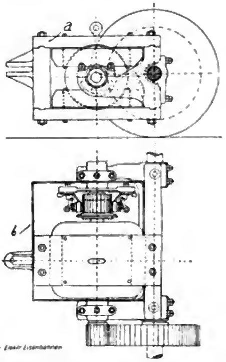
gedrängten und denselben ringförmig umschliessenden Magnetspulen tritt hier zum erstenmale hervor. Der Motor ist nach Sprague einerseits unmittelbar auf der Radachse gelagert und anderseits federnd aufgehängt. Die Stützlager sind einer möglichst hohen Übersetzung wegen dicht an den Motor gerückt. Die Herausnahme des Ankers und der Magnetspulen erfolgt nach Abheben des oberen Teiles a des Magnetgestelles. Der Motor war seit-

Abb. 195.



Motor mit doppelter Übersetzung von F. J. Sprague. 1886. M. 1 : 18.

Abb. 196.



Motor mit einfacher Übersetzung von Thomson-Houston Co. 1890. M. 1 : 25.

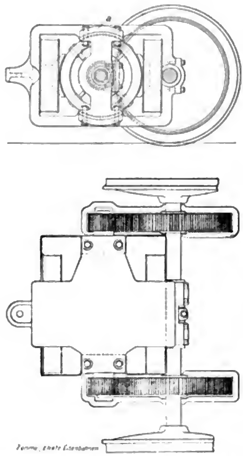
lich offen und erhielt zum Schutze gegen Wasser einen angeschraubten Blechkasten b. Die Geschwindigkeitsregelung erfolgte mittels Vorschaltwiderstände.

Nach der im Jahre 1888 vollzogenen Verschmelzung der Sprague El. Ry. and Mot. Co. mit der Edison Gen. El. Co. wurden die weiteren Motormodelle dieser Gesellschaft mit dem Namen Edison bezeichnet, obwohl Edison an deren Entstehung nicht beteiligt war. Die Edison General Electric Co. verliess ebenfalls in dem Jahre 1890 die ihr von Sprague zugeführte Bauart (Textabb. 195) und ging zu den für geringere Umlaufsgeschwindigkeit geeigneteren vierpoligen Motoren mit einfacher Zahnradübersetzung über, letztere jedoch unnötigerweise doppelt ausführend (Textabb. 197). Die Lagerarme sassen in mit dem Magnetgestelle gleichzeitig ausgebohrten Flanschen a, sodass der Anker bei Beschädigungen, allerdings erst nach

dem Ausbaue des ganzen Motors und eines Lagers, seitlich herausgezogen werden konnte. Der Motor besass die Sprague'sche Magnetregelung. Die Bauart ist derjenigen von Thomson-Houston gleich, jedoch wegen der geringeren Zugänglichkeit weniger vorteilhaft.

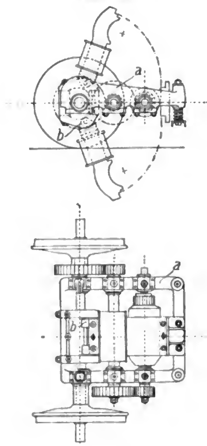
Die im Jahre 1890 sich dem Gebiete der elektrischen Eisenbahnen zuwendende Westinghouse Electric Manufact. Co. baute einen Motor, der dem Modelle

Abb. 197.



Motor mit einfacher Übersetzung von der Edison General Electric Co. 1890. M. 1 : 25.

Abb. 198.



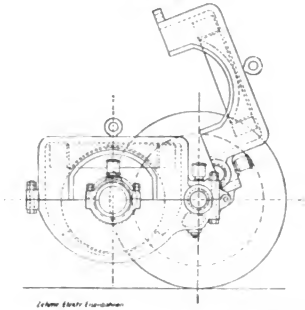
Aufklappbarer Motor von der Westinghouse El. Man. Co. 1890. M. 1 : 40.

Sprague (1886) mit dem Unterschiede glich, dass das Magnetgestell selbst nicht als Motorgestell ausgebildet, sondern in einem besonderen Motorrahmen a gelagert war und im Ober- und Unterteile um Drehglieder b aufgeklappt werden konnte (Textabb. 198). Dem Nachteile des grösseren Gewichtes stand der Vorteil des leichten Ausbaues von Anker und Magnetspulen bei Beschädigungen gegenüber. Diese Aufklappbarkeit des Motors wurde von jetzt an von allen anderen Bauanstalten nachgeahmt.

Zunächst ersetzte die Thomson-Houston Co. ihr 1890 gebautes Modell (Textabb. 196) 1891 durch den in Textabb. 199 angegebenen Motor, welcher die Bezeichnung W. P. (water proof) erhielt und in Stärken von 15 und 25 PS hergestellt wurde. Wie schon beim S. R. G.-Motor, so verband man auch hier alle Lager mit dem Magnetgestelle selbst, gab aber letzterem eine ringsum geschlossene

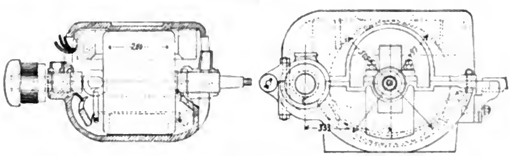
Form, sodass der Motor bis zu den Ölaustrittstellen der Lager im Wasser laufen konnte[1]). Der Motor war zweipolig und besass nur eine einzige Magnetspule; er war in der Mitte wagrecht geteilt und konnte um angegossene Drehglieder nach oben aufgeklappt werden, wodurch Anker und Magnet freigelegt wurden. Mit diesem in Flusseisen hergestellten Motor wurde eine grosse Anzahl von Bahnen ausgerüstet. Er begründete den bis in die Neuzeit reichenden Ruf der Bauanstalt. Die mit der einseitigen Magneterregung verbundene ungleichmässige Kraftlinienausstrahlung d. h. ungleiche Feldstärke der Pole suchte man später durch Anbringung einer kleinen Zusatzspule (Textabb. 200[2]) so gut als möglich auszugleichen. Man verliess jedoch 1893 wiederum dieses Modell und brachte nach der Verschmelzung der Thomson-Houston Co. und der Edison General Electric Co. zu der General Electric Co. (Mai 1892) den in Textabb. 202 dargestellten Motor G. E. 800 auf den Markt, welcher eine weit ausgedehnte Anwendung fand und auf den Bau der Strassenbahnmotoren einen nachhaltigen Einfluss ausübte. Dieser Motor war gleich dem Edison-

Abb. 199.



Aufklappbarer, wasserdichter W P-Motor der Thomson-Houston Co. 1891. M. 1 : 20.

Abb. 200.



Aufklappbarer, wasserdichter Motor der Thomson-Houston Co. M. 1 : 20.

Motor (Textabb. 197) vierpolig, dagegen gleich dem Thomson-Houston W P-Motor (Textabb. 199) in der Mitte geteilt. Die Seitenpole erhielten keine Spulen und die

[1]) Dieser Vorgang darf nicht so aufgefasst werden, als ob der Motor im Betriebe thatsächlich bis zu dieser Stelle in Wasser eintauchen dürfe, weil dieses infolge der Bewegung am Motor emporspritzen würde und nicht nur durch alle oberen, wenn auch „wasserdicht geschlossenen" Öffnungen, sondern auch durch die Ölablaufstellen selbst in das Motorinnere dringen würde, was selbst bei den Motoren der Neuzeit und bei erheblich geringerer Eintauchung der Fall ist. Immerhin aber war in der völligen Abschliessung des Motors nach unten den bisher offenen oder nur mit Blechkästen verschalten Motoren gegenüber eine grosse Verbesserung zu verzeichnen.

[2]) The Light Railway and Tramway Journal, London, 1901, S. 200.

Teilfuge des Motors war, gleichmässige Ausführung des Motorgestelles vorausgesetzt, nicht von Kraftlinien durchzogen. Als Anker kam in der Regel die Trommel zur Anwendung.

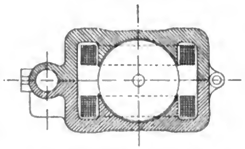
Seit dem Jahre 1893 entwickelte sich nicht nur in den V. St. Nordamerikas, sondern auch in Europa die Ausbildung der Bahnmotoren in schneller Weise; es würde hier die Aufzählung der heute bestehenden Bauarten zu weit führen. Wie schon oben bemerkt, unterscheiden dieselben sich auch nur in unwesentlichen Einzel heiten von einander.

Für den Entwurf eines Magnetgestelles ist die Frage massgebend, ob der Motor geteilt werden soll d. h. als aufklappbarer Motor oder als geschlossener Motor mit seitlich angesetzten Deckeln d. h. als Deckelmotor ausgeführt werden soll.

Der geteilte Motor ist schwieriger zu entwerfen als der geschlossene Motor, weil die Anordnung der Pole und Spulen sich nach der Teilung, oder, wenn jene aus bestimmten Gründen festliegt, die Teilung nach ihr zu richten hat. Die in gewissen Fällen, z. B. bei Raumbeschränkung besonders hervortretenden Schwierigkeiten veranlassen manche Bauanstalten, den einfacheren Weg zu gehen und, von der Teilung absehend, die geschlossene Bauart zu wählen. Allerdings giebt es auch Fälle, in denen die Teilung eines Motors unmöglich ist[1]).

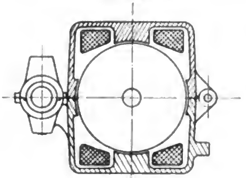
Obwohl die geschlossene Bauart, zumal auf dem Papiere, einfacher und billiger erscheint als die geteilte, so ist sie im Vergleiche mit dieser immer minderwertig. Die schnelle und einfache Offenlegung des Motors gehört zu den unbedingten Erfordernissen des Bahnbetriebes, und wenn auch die Beschaffungskosten eines geschlossenen Motors etwas geringer als die des geteilten Motors sind, so erfordert letzterer im Betriebe erheblich geringere Unterhaltungskosten, nicht nur, weil alle Innenteile

Abb 201.



Magnetgestell von Kummer & Co. M. 2 : 15.

Abb. 202.



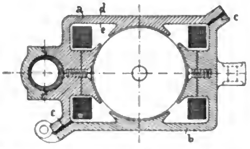
Magnetgestell des G E 800 Motors der General Electric Co. 1893. M. 2 : 15.

leichter zugänglich sind, sondern auch weil die schwierige Einbringung von Anker und Spulen beim geschlossenen Motor unmittelbar Beschädigungen an diesen Teilen trotz aller Vorsicht zur Folge hat. Textabb. 201 bis 205 zeigen geteilte Magnetgestelle gebräuchlicher Bauarten. Die Verringerung der Spulenzahl führt keineswegs zu Ersparnissen, da die Spulen wegen der langen Windungen grösseren Drahtdurchmesser erfordern und deshalb schwerer sind; hierdurch werden die Ersparnisse an Isolation

[1]) Siehe unter Geschlossene Motoren S. 215.

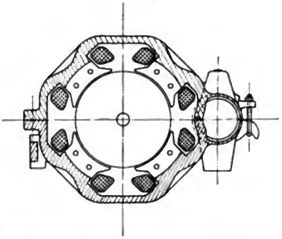
und Spulenbefestigung wieder aufgehoben. Bezüglich der magnetischen Induktion ist die Magnetform nach Textabb. 202 und 203 weniger günstig als nach Textabb.

Abb. 203.



Magnetgestell von Siemens & Halske. M. 2 : 15.

Abb. 204.

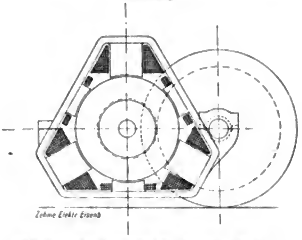


Magnetgestell von Oerlikon (1892) und Schuckert (1894). M. 2 : 15.

204. Letztere wurde zuerst von Oerlikon und Schuckert angewandt und kommt neuerdings auch bei amerikanischen Motoren zur Anwendung.

Während in Textabb. 201, 204 und 205 die Trennungsfuge das Kraftlinienbündel schneidet, ist dies in Textabb. 202 nicht der Fall. Ein Vorteil ist mit letzterem nicht verbunden, da die Motorhälften bekanntlich sich ununterbrochen gegeneinander bewegen und ihre Trennungsflächen dadurch dicht aufeinander geschliffen werden[1]); auch kann man zur Verminderung des Übergangswiderstandes die Gestellwand an der Trennungsfuge verbreitern.

Abb. 205.



Magnetgestell für sechspolige Motoren. M. 2 : 15.

Um die Trennfuge in Textabb. 203 von dem Durchgange der Kraftlinien freizuhalten und daher durch mit Mennige getränkte Hanf- oder Filzzwischenlagen c gegen Eindringen von Wasser abzudichten, führten Siemens & Halske das Gestell nach Textabb. 203 so aus, dass man es sich aus den beiden Hufeisenmagneten a und b zusammengesetzt denken kann. Mit dieser Anordnung ist indessen ein grösseres Gewicht verbunden, da der Querschnitt d—e mehr Kraftlinien zu fassen hat, als der gleiche Querschnitt in Textabb. 202. Auch erfordert die künstliche Abdichtung eine sorgfältige Unterhaltung im Betriebe, andernfalls sie ihren Zweck nicht erfüllt.

[1]) Diese Bewegungen ziehen indessen das am Motor herablaufende Wasser in das Motorinnere hinein. Die feste Verschraubung der beiden Motorhälften würde diese kleinen Bewegungen zwar aufheben, ist aber erfahrungsgemäss im Betriebe nicht durchführbar. Man behilft sich deshalb damit, die Trennungsfugen mit einem Gemische aus Leinöl und Schlemmkreide dünn zu bestreichen, wodurch die Eisenporen ausgefüllt werden, ohne dass der magnetische Leitungswiderstand eine nennenswerte Erhöhung erführe.

Die Bearbeitung der Trennungsflächen aller geteilter Motoren erfolgt auf der Hobel- oder besser Fräsmaschine und muss so genau ausgeführt werden, dass ein in den zugeklappten Motor gestelltes Licht an den Trennfugen nicht durchscheint.

Die Flanschen für die Verschraubung beider Motorhälften sollen mit den Trennfugen selbst in einer Ebene liegen, aussergewöhnlich stark sein und mit der Motorwand durch breiten Ansatz verbunden werden. Ist für sie an der Trennfuge kein Raum vorhanden, so legt man sie höher hinauf.

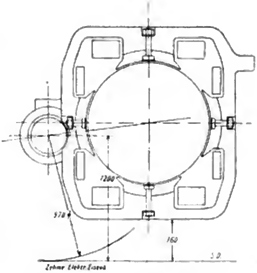
Schräggeschnittene Motoren (Textabb. 203) sind teuerer in der Bearbeitung als wagrecht geteilte und im Betriebe schwerer zu behandeln.

Strassenbahnmotoren werden entweder in den Wagen hinein oder zur Vermeidung der damit verbundenen Unbequemlichkeiten und Unzuträglichkeiten für die Wagenausstattung, oder wenn die Breite der Motoren oder des freien Raumes im Wageninnern und Fussboden es nicht zulässt, nach unten aufgeklappt. Der Anker soll im letzteren Falle im Motorunterteile gelagert werden, damit man ihn nach Öffnung des Motors zwecks Untersuchnng drehen kann, ohne den Wagen verschieben zu müssen.

Kleine Lokomotivmotoren, welche so in das Fahrzeug eingebaut sind, dass ein Aufklappen nicht möglich ist, werden zum Abheben eingerichtet und erhalten dann zwecks leichter Vereinigung beider Motorhälften statt der Gelenke lange Führungsdorne. Auch sehr grosse Motoren, deren Aufklappen in Gelenken unthunlich ist, werden zum Abheben des oberen Teiles eingerichtet. Solche Motoren können nur nach Ausfahren der Untergestelle oder gar erst nach Abnahme des ganzen Motors von der Radachse geöffnet werden.

Geschlossene Motoren werden meist und zumal bei kleinen Modellen für Strassenbahnen und Lokomotiven aus Sparsamkeit oder auch Bequemlichkeit ausgeführt. Es liegt jedoch bei grossen Modellen zuweilen eine unmittelbare Notwendigkeit vor, mit Rücksicht auf Raumbeschränkung geschlossene Motoren statt geteilter zu wählen. Ein solcher Fall werde an einem Beispiele erläutert. An eine Achse mit Rädern von 970 mm Laufkreisdurchmesser sei ein Motor zu legen, welcher bei neuen Rädern mit seiner Unterkante 160 mm von S. O. abstehen und die Achse mit einer Zahnradübersetzung von mindestens 1 : 3 antreiben soll. Von einer schrägen Teilung des Motors soll aus oben angegebenen Gründen abgesehen werden. Wie in Textabb. 206 angegeben, müssen die Magnetspulen senkrecht und wagrecht angeordnet werden, weil die ausschliessliche Bewicklung des unteren und

Abb. 206.



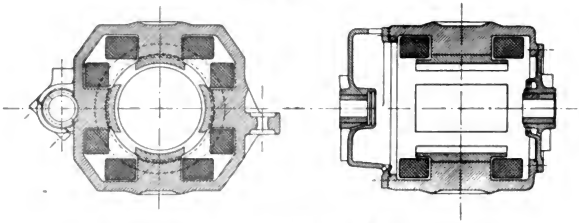
Geschlossener Bahnmotor. M. 2 : 15.

oberen Poles die Höherlegung des Motormittels und damit eine Vergrösserung des Abstandes der beiden Zahnradachsen d. h. eine Verringerung des Übersetzungsverhältnisses zur Folge haben würde. Der Schnitt durch die wagrechten Spulen ist unmöglich; ander-

seits ist auch eine wagrechte Teilung des Gestelles oberhalb der Seitenpole nicht möglich, da man den Anker nicht aus den seitlichen Polschuhen herausbekäme. Es ergiebt sich hieraus die geschlossene Bauart als einzige, zweckmässige Möglichkeit.

Der geschlossene Motor erhält zwecks Ein- und Ausbaues der Magnete und des Ankers jederseits einen zylinderischen Deckel (Textabb. 207), der in der Mitte

Abb. 207.



Geschlossener Strassenbahnmotor. M. 2 : 15.

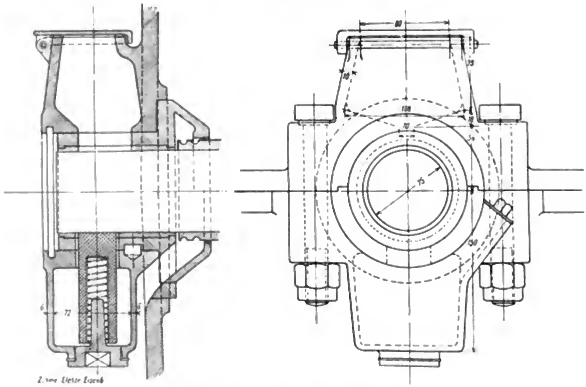
zum Lager ausgebildet ist. Eine der seitlichen Öffnungen muss so gross sein, dass die Magnetspulen und der Anker durch sie geschoben werden können. Der Guss dieser Motorgestelle fällt wegen der schwierigen Kerneinsetzung leicht ungleichmässig aus und es lassen sich im Motorinnern Beulenbildungen nur sehr mühevoll beseitigen.

Der **Baustoff der Magnetgestelle** besteht allgemein aus Flusseisen, welches in der magnetischen Leitungsfähigkeit dem Schmiedeeisen wenigstens gleichkommt und erheblich leichtere Bauart als das für manche Fälle vielleicht billigere Gusseisen ermöglicht. Die kleinstzulässigen Wandstärken betragen je nach Gestaltung der betreffenden Wände 8 bis 12 mm. Eine Schattenseite besitzt allerdings das Flusseisen selbst von bester Eigenschaft; dieselbe besteht in der leichten Blasenbildung, die eine vorzügliche Austrocknung der Formen erfordert. Auf dieser Erscheinung beruhen die ungleichen elektrischen d. h. magnetischen Eigenschaften der nach ein und demselben Modelle und mit völlig übereinstimmenden Wicklungen ausgeführten Motoren.

Die Motorlager werden entweder mit Fett- oder Ölschmierung versehen. Die Fettschmierung besteht darin, dass das in den über dem Lager befindlichen Topf gefüllte Fett durch eine längliche nach unten sich verengende und daselbst etwa 10 bis 20 mm breite Spalte im Boden des Fetttopfes, im Lagergehäuse und in der Lagerschale selbstthätig auf die Achse sackt (Textabb. 208). Die Schmierung ist einfach, besitzt aber den grossen Nachteil, dass bei warm werdenden Lagern das Fett schnell abfliesst. Ausserdem bedarf diese Schmierung peinlichster Sauberkeit und allerbester Schmiermasse, weil die Fettmasse leicht stehen bleibt oder nur in der Mitte durchsackt und dann ringsum an den Seiten kraterartig stehen bleibt. Die Fettschmierung ist deshalb nicht von durchaus zuverlässiger Wirkung. Man ging auch bei amerikanischen Motoren bald dazu über, ausser der Fettschmierung gleich-

zeitig eine unterhalb der Achsen angebrachte Ölschmierung mit federnden Dochtpolstern vorzusehen. Das ist aber noch schlechter, weil das Ölkissen sich mit Fettmasse zusetzt und weil die Bedienungsmannschaft eine der beiden Vorrichtungen mit

Abb. 208.

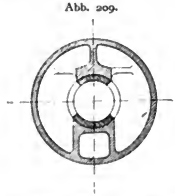


Motorlager mit Öl- und Fettschmierung. M. 1 : 4.

Bestimmtheit vernachlässigt. Das von unten das Lagergehäuse durchdringende und federnd gegen die Achsen drückende Schmierpolster kann überdies mit Rücksicht auf die Schmälerung der gerade zur Auflage dienenden Teile der Lagerfläche nur geringe d. h. zur alleinigen Schmierung unzulängliche Abmessungen erhalten.

Reine Öl-Dochtschmierung eignet sich aus dem Grunde bei Bahnmotoren nicht, weil sie infolge der Heberwirkung des Dochtes ununterbrochen arbeitet, daher das Öl rasch aufbraucht und dabei die Lagerstellen am stillstehenden Wagen verschmutzt und auch wohl Öl in das Innere des Motors gelangen lässt.

Abb. 209.



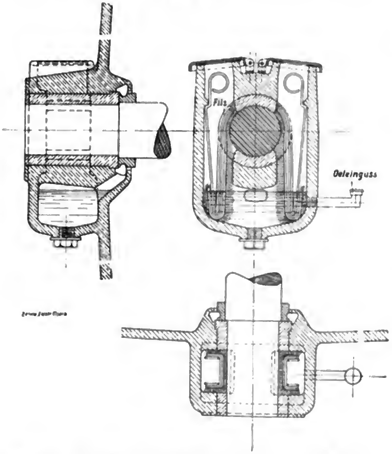
Amerikanisches Motorlager mit seitlicher Ölschmierung. M. 1 : 10.

Eine bessere Schmier-Vorrichtung besteht in der seitlichen Ölschmierung, die von amerikanischen Bauanstalten aufgebracht wurde. Bei derselben werden nicht das Unterteil, sondern die Seiten des Lagerkörpers und der Lagerschale mit Öffnungen versehen (Textabb. 209), die zu einer unter dem Lager angeordneten Ölkammer führen. In letztere tauchen Schmierpolster oder auch nur ein Gemisch von Schafwolle und Rosshaaren hinein, das sich mit Öl vollsaugt und dieses an die an den seitlichen Öffnungen blank hervortretenden Achsen schafft. Schuckert verwendet sog. Spangenpolster, welche in seitliche Schmierkanäle eingesteckt bis in das darin befind-

liche Öl eintauchen und das Wollkissen mit Federdruck an die seitlich blank hervortretende Achse pressen (Textabb. 210).

Die Lager an der freien, dem Stromabgeber (Kollektor) zugekehrten Achsenseite werden als Büchsenlager, d. h. einteilig hergestellt, weil sie sich nach Herausnahme des Ankers nach aussen abziehen lassen. Dagegen ist auf der anderen Achsenseite wegen des daselbst aufgekeilten Zahnrades ein zweiteiliges Lager anzubringen, damit man zwecks Untersuchung und Wiederherstellung dieses Lagers das Zahnrad nicht abzukeilen braucht. Die Lagerschalen bestehen im allgemeinen aus Rotguss und sind mit Weissmetall (Lager- oder Deltametall) auszugiessen, welches je nach der Lagerlänge 5 bis 10 mm stark zu halten ist. Diese Schichte wird durch schwalbenschwanzförmige Vertiefungen in der Schale festgehalten (Textabb. 211). Gusseiserne Lagerschalen sind ungeeignet, weil das Weissmetall nicht dauernd an ihnen haftet.

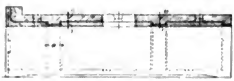
Abb. 210.



Motorlager mit seitlicher Ölschmierung nach Schuckert. M. 2 : 15.

Von besonderer Wichtigkeit sind bei Bahnmotoren die **Ablaufvorrichtungen** für den verbrauchten Schmierstoff, da dieser die Isolationen des Ankers und der Magnetspulen gefährdet und infolge seiner metallischen Beimengungen auch zwischen blanken, stromführenden Teilen Kurzschluss herzustellen vermag. Der Schmierstoff kriecht an der Motorachse hin und muss daher von dieser abgeschleudert werden. Dazu dienen kegelförmige Scheiben oder Ansätze an Anker und Stromgeber, die von Ausbuchtungen des Lagerkörpers umschlossen werden und in diese hinein den abzuleitenden Schmierstoff spritzen (s. Textabb. 222 und 224). Von hier aus gelangt derselbe durch breite Öffnungen ins Freie. Im Motorinnern leisten kleine Zwischenwände zwecks nochmaliger Sicherung gegen Eindringen von Öl in die Magnetspulen gute Dienste. Die Hauptausflussöffnungen dürfen nicht mit Ablasshahnen abgeschlossen werden, da letztere nicht regelmässig bedient werden und nebenbei die dickflüssige Schmiermasse nicht durchlassen.

Abb. 211.



Motorlagerschale. M. 1 : 6.

Alle Bahnmotoren, gleichgiltig ob sie aufklappbar oder geschlossen sind, bedürfen zur leichten Zugänglichkeit ihres heikelsten Teiles, des Stromabgebers (Kollektors) und der Kohlenbürsten, einer besonderen Öffnung, die durch eine Klappe oder einen Deckel möglichst dicht abzuschliessen ist. Die Verschliessvorrichtungen müssen einfach sein und rohe Behandlung vertragen. Man wendet Schnappriegel Excenterdruckhebel oder einfache Gelenkschrauben an. Die Öffnung selbst muss so gross sein, dass durch sie die Kohlenbürsten und der obere Teil des Stromabgebers gleichzeitig mit beiden Händen erreichbar sind.

Die Polschuhe werden bei Verwendung von Nutenankern jetzt allgemein geblättert, d. h. aus 0,5 bis 1 mm starken Eisenblechen zusammengesetzt, um die Entstehung der Wirbelströme zu verhindern. Die Bleche werden entweder unter Zwischenlage von Papier (0,05 mm stark) an einander gereiht oder mit einem Anstriche aus Isolationsmasse versehen, welcher den Wirbelströmen genügend Widerstand bietet. Die mechanische Verbindung der Bleche und ihre Befestigung am Magnetpole geht aus Textabb. 220 bis 224 hervor. Die in Textabb. 203 dargestellten Schnittschrauben sind veraltet, weil sie Lockerungen zulassen, bei häufiger Abnahme der Spulen sich abnutzen und schwer zugänglich sind.

c. β. Anker.

Die ersten Bahnmotoren erhielten Grammesche Ringanker (s. Textabb. 182). Seit einigen Jahren giebt man indessen aus verschiedenen Gründen dem Trommelanker den Vorzug. Bei diesem liegen die Wicklungen nur an der Aussenseite des Ankers, welcher sich daher weniger erwärmt als der Ringanker, den die Wicklungen aussen und innen umgeben. Die Wicklung der Trommelanker kann deshalb, gleiche Erwärmung des Motors vorausgesetzt, eine um etwa 20 bis 25 v. H. grössere Stromstärke aufnehmen als der Ringanker.

Zu den weiteren Vorteilen der Trommel gegenüber dem Ringe zählen die geringere Rückwirkung des Ankers auf das Magnetfeld, die vollkommenere Induktion auch bei hoher Sättigung des Ankereisens und die billigere Herstellung des Kernes und der Wicklung des Ankers.

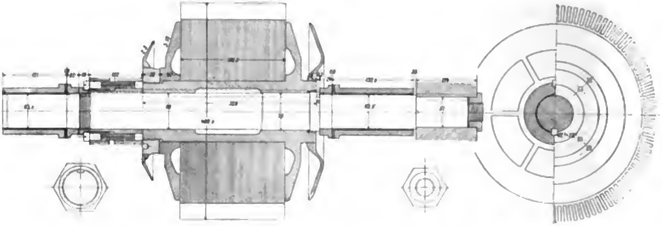
Die früher bei Trommelwicklungen nachteilig empfundene Kreuzung von Drähten grossen Spannungsunterschiedes an den Kopfseiten und die damit verbundene Neigung zum Spannungsausgleiche, d. h. Durchschlages der Isolation vermeidet man heute durch geeignete Wicklungsarten.

Die äussere Gestalt eines Trommelankers ist nur bei mittelgrossen Motoren thatsächlich ein voller, nur von der Motorachse durchbohrter Zylinder (s. Textabb. 212). Bei grösseren Motoren wird der Trommelkern ebenfalls in Ringform ausgeführt, jedoch immer nur von aussen bewickelt (s. Textabb. 222). Die Ankernabe kann hierbei aus Gusseisen hergestellt werden.

Wie auf S. 202 angegeben, besteht der Ankerkern aus von einander isolierten Eisenblechen. Man verwendet gut ausgeglühtes, etwa 1 mm starkes Eisenblech und versieht die Scheiben beiderseits mit einem Anstriche von geeigneten Isoliermassen oder legt zwischen je zwei Scheiben eine 0,05 mm starke Papierscheibe. Zur Sicherung der unverrückbaren Lage der Blechscheiben gegeneinander und zwecks ihrer Befestigung auf der Ankernabe zieht man zwischen beide Teile

einen Stab oder Keil aus Stahl (Textabb. 212). Das ganze Blechpacket wird durch mehrere, gegen den Ankerkern mittels Röhren aus Isolationsstoff (Pappe, Mikanit, Stabilit u. s. w.) isolierte Bolzen zusammengehalten. Die Endscheiben werden aus Festigkeitsgründen stärker gehalten. Zur Vermeidung von Wirbelströmen giebt man

Abb. 212.

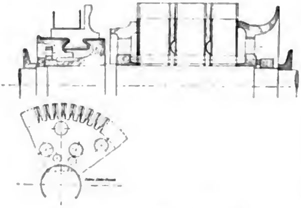


Anker des Motors G E 800, gebaut von der General Electric Co. M. 1:8.

dem Ankerkerne etwa um 10 mm grössere Breite als den Polschuhen. Der ganze Kern wird sodann auf der Nabe durch einerseits angegossene oder aufgezogene, anderseits durch Gasgewinde aufgesetzte Druckscheiben gehalten (Textabb. 212, 213 und 222). Die Ankernabe wird auf die Achse in gewohnter Weise aufgekeilt.

Bei künstlicher Kühlung des Ankers werden in geeigneten Zwischenräumen mit sternförmigen Luftkanälen versehene Messingscheiben oder gebuckelte Eisenscheiben zwischen die Eisenbleche gesetzt, die der durch den Innenraum der Nabe eintretenden Luft den Durchgang durch den Anker ermöglichen (Textabb. 213). Bei den völlig geschlossenen Bahnmotoren ist diese Kühlung indes von geringem Werte.

Abb. 213.



Anker nach S. H. Short. M. 1:8.

Die Ankerwicklung wurde früher auf den glatten Ankerkern gewickelt und musste zwecks Überwindung der Drehkraft auf demselben durch besondere Mitnehmer gesichert werden. Heute bettet man indes die Wicklung in Nuten oder auch Löchern, die am Ankerumfange angeordnet werden. Damit wird einmal der Luftraum zwischen Ankerkern und Polschuh verringert, sodass der magnetische Widerstand und die Magnetspulen kleiner ausfallen, ferner wird die Ankerwicklung von der Umfangskraft befreit und schliesslich erhält der ganze Anker eine ihn vor mechanischen Beschädigungen sichernde, feste äussere Gestalt. Die Nuten werden aus

dem Vollen gestanzt und nach Zusammensetzung des Ankerkernes sauber ausgefeilt; bei Ausführung einer beschränkten Anzahl von Motoren stanzt man auch wohl die Nuten erst aus der vorgestanzten runden Scheibe auf besonderen mit Vorrückung versehenen Werkzeugmaschinen einzeln heraus oder fräst sie. Die Wicklung wird vor ihrer Einbringung in die Nuten mit einer Isolationshülle aus Pressspahn, Pappe oder dgl. versehen. Das Herausschleudern der Wicklung aus den nach aussen offenen Nuten wird entweder durch Eintreiben eines Längskeiles aus Hartholz, Vulkanfiber oder dgl. über der Wicklung oder durch Drahtbunde verhindert (Textabb. 222 und 224). Letztere liegen zum Schutze gegen äussere Beschädigung in Vertiefungen und sollen am Anfang und Ende verklemmt, nicht nur verlötet werden. Lochanker oder Anker mit nach aussen stark verengten Nuten bedürfen solcher Sicherung nicht, doch ist bei diesen die Wicklung schwieriger als bei Ankern mit offenen Nuten aufzubringen und bei Beschädigungen wiederherzustellen.

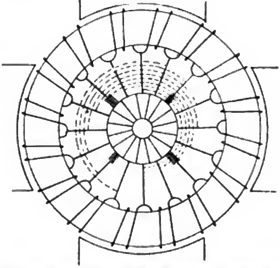
Ankerwicklungen. Den wichtigsten Teil des Ankers bildet seine Wicklung. Es bestehen heute viele Arten von Ankerwicklungen, jedoch kommen bei Bahnmotoren nur wenige davon in Betracht.

Das Wesen der Ankerwicklung beruht darauf, die in gleichen Stellungen im magnetischen Felde stehenden Leiter unter einander so zu verbinden, dass die in ihnen herrschenden Induktionen sich zusammenzählen und ein geschlossener Stromkreis entsteht.

Von den offenen und geschlossenen Wicklungen werden nur die letzteren ausgeführt. Dieselben kennzeichnen sich durch den ununterbrochenen Zusammenhang aller einzelnen Teile der Wicklungen. Die einfachste Form einer Ankerwicklung wird durch Textabb. 182 dargestellt, die sich auf einen zweipoligen Ringmotor bezieht. Die ganze Wicklung besteht aus zwei parallel zu einander geschalteten Stromzweigen, von denen jeder also nur den halben Motorstrom aufnimmt.

Anker mehrpoliger Motoren werden entweder in Nebeneinander- oder Hintereinanderschaltung gewickelt. Textabb. 214 giebt die Nebeneinanderschaltung einer vierpoligen Ringwicklung, Textabb. 215 diejenige einer vierpoligen Trommelwicklung an. Man benutzt solche Schaltungen bei hohen Stromstärken. Solange es sich indes nur um verhältnismässig geringe Stromstärken handelt, was bei mittelgrossen Bahnmotoren, die mit 500 bis 600 Volt arbeiten, der Fall ist, wendet man die Hintereinanderschaltung der Ankerwicklungen an.

Abb. 214.

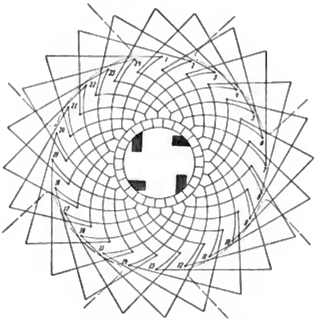


Vierpolige Ringwicklung. (Bei Anwendung der punktierten Querverbindungen entfällt je eine der Diagonalbürsten.)

Bei derselben bestehen auch in mehrpoligen Motoren nur zwei neben einander geschaltete Stromkreise und es sind deshalb nur zwei Schleifbürsten nötig. Will man bei Nebeneinanderschaltung in mehrpoligen Motoren mit zwei Bürsten auskommen, so wendet man, wie in Textabb. 214 und 216 angegeben, die sog. Mordeyschen Querver-

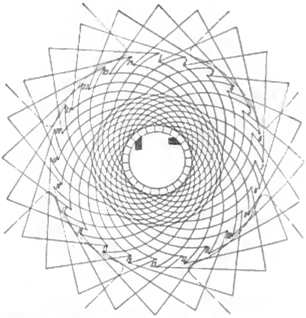
bindungen an, welche in gleichartigen Magnetfeldern gelegene Wicklungspunkte gleichen Potentials unter einander verbindet. Diese Querverbindungen sind indes bei ungleicher magnetischer Induktion (ungleichen Feldstärken) sowie bei nicht ge-

Abb. 215.



Vierpolige Trommelwicklung.

Abb. 216.



Vierpolige Trommelwicklung mit Querverbindungen.

nauer Mittellage des Ankers Träger schädlicher Ausgleichsströme und Ursache von Arbeitsverlusten. Bei mehrpoligen Wicklungen in Hintereinanderschaltung treten diese Störungen nicht auf[1]).

Um auch bei etwaigem Abspringen der Schleifbürsten infolge von Wagenerschütterungen gute Verbindungen zwischen den Wicklungen in Nebeneinanderschaltung zu erhalten, kann man Querverbindungen und die der Polzahl entsprechende Zahl von Schleifbürsten nebeneinander vorsehen, was zwar die Herstellungskosten erhöht, das Feuer am Stromabgeber, einen gegebenen Motor vorausgesetzt, aber vermindert.

Die Ausführung der Ankerwicklungen erfolgt bei Ringen mit der Nadel, d. h. mittels Durchfädelns des für eine Spule erforderlichen Drahtes, bei Trommeln allgemein durch vorherige Aufwicklung der Spule auf eine Form und hierauf folgendes Einlegen der fertigen Spule auf den Anker. Letzteres Verfahren wurde von Eickemeyer angegeben. Die Spulenform an den Kopfseiten ist entweder eine mehr oder weniger schräg zur Achse stehende Evolvente (Textabb. 224 und 212) oder sie schmiegt sich der Zylinderform des Ankers an und erscheint dann als Verlängerung des Ankers selbst (Fasswicklung, Textabb. 222 und 213).

c. γ. Stromabgeber und Schleifbürsten.

Der Stromabgeber (Kollector) bildet den heikelsten Teil des Motors. Von seinem Verhalten ist die Betriebssicherheit abhängig. Wie aus Textabb. 182 er-

[1]) Weiteres über Ankerwicklungen siehe G. Kapp, Dynamomasch. für Gleich- und Wechselstrom; E. Arnold, Die Gleichstrommaschine; H. F. Parshall und H. M. Hobart Arm. Windings of el. mach.

sichtlich, dient der Stromabgeber dazu, die Stromrichtung in der Ankerwicklung bei der Drehung des Ankers in der richtigen Weise aufrecht zu halten. Auf S. 201 und in Textabb. 189 bis 191 ist die Ursache der zwischen Schleifbürste und Stromabgeberlamellen auftretenden Lichtbogen angegeben. Weiterhin tragen unvollkommen schleifende Bürsten, unrunde, mangelhaft isolierte und zusammengesetzte Stromabgeber zu dieser Funkenbildung bei. Den Hauptgrund bildet jedoch immer die Ankerrückwirkung und der Spulenkurzschluss. Man hat dem u. A. (siehe auch S. 201) dadurch vorgebeugt, dass man die Verbindungsleitung zwischen Anker und Stromabgeber aus einem Metalle von hohem elektrischen Widerstande z. B. Neusilber und die Schleifbürsten aus einem unvollkommenen elektrischen Leiter z. B. Kohle herstellte. Das letztgenannte Mittel wird heute noch allgemein angewandt, während man die erwähnten Verbindungsleitungen vielfach ihrer Dauerhaftigkeit in der Bewegung wegen als Kabel ausführt. Da man in diesem, wie jedem anderen Falle, wo diese Verbindung aus einem andern Leiter als die Ankerwicklung selbst besteht, Schwierigkeiten in der Verbindung der beiden Drähte findet, so verwenden einige Bauanstalten schon zur ganzen Ankerwicklung selbst ein Kabel, welches dann zugleich als Verbindungsleitung, zwischen Anker und Stromabgeber dient.

Der Stromabgeber wird aus Lamellen aus gezogenem Hartkupfer zusammengesetzt, welche gegen einander durch 0,5 bis 1,0 mm Zwischenlagen aus Glimmer isoliert werden. Die Herstellung der Lamellen erfolgt durch Ausstanzen oder besser Aussägen der Form aus Stangen, welche den gewünschten trapezförmigen Querschnitt besitzen. Nach Zusammenfügung aller Lamellen zu einem Ringe, wird dieser durch einen zwei- oder besser vierteiligen Spannring zusammengepresst und an den schwalbenschwanzförmigen Stirnseiten gedreht. Sodann setzt man von beiden Seiten die Nabenringe an, presst sie auf der Spindel- oder Druckwasserpresse stark zusammen und verschraubt sie. Hierauf kann der äussere Spannring entfernt und der Stromabgeber an seiner Aussenfläche abgedreht werden. Diese Arbeit hat äusserst sorgfältig zu erfolgen, da von der polierten, völlig zylindrischen Lauffläche das gute Verhalten des Stromabgebers abhängt. Hierauf ist auch im Betriebe dauernd zu achten. Die Druckschrauben sind ab und zu nachzuziehen, und es ist für einen nicht zu steilen Keilwinkel (30°) sowie für richtige Verteilung der Druckfläche und des Luftraumes Sorge zu tragen, damit dieses Anziehen den Erfolg des Zusammenziehens der Lamellen hat. Schmierung der Lauffläche oder Tränkung der Schleifkohlen mit Öl hat Verschmutzung der Lauffläche und Feuern der Kohlen zur Folge.

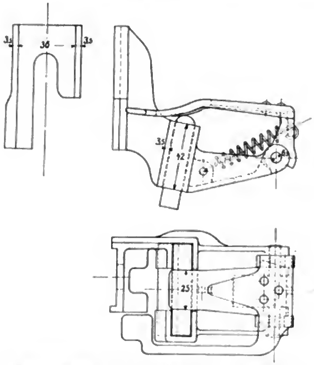
Beispiele von Stromabgebern sind in den Textabb. 213, 222 und 224 enthalten.

Die K o h l e n b ü r s t e n werden entweder in feststehenden Gehäusen geführt und mittels eines abgefederten Hebels an den Stromabgeber gepresst (Textabb. 217) oder man fasst sie starr in einem mit einer Flachfeder fest verbundenen keilförmigen Gehäuse (Textabb. 218). Letztere Ausführung hat den Vorzug, dass die Kohle sich niemals klemmt und daher dauernd gut auf dem Stromabgeber aufliegt. Eine andere Bauart, von S i e m e n s B r o t h e r s, L o n d o n, ist ähnlich, jedoch ist der mit der Kohle fest verbundene Hebel von der Feder getrennt und letztere als Blattfeder ausgeführt. Für guten Stromübergang vom Gehäuse zur Kohle ist, erforderlichenfalls durch Anbringung von federnden Verbindungsblechen, Sorge zu tragen.

Die Kohlenhalter müssen senkrecht zur Ankeraxe verschiebbar sein, um bei

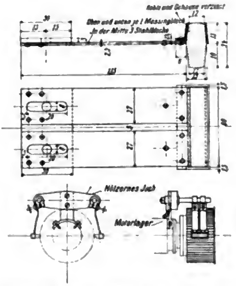
Abdrehen des Stromabgebers, das etwa nach 50000 km nötig wird, noch den richtigen Auflagedruck zu bekommen. Der letztere beträgt in der Regel 2,5 gr/qmm Kohlenfläche.

Abb. 217.



Kohlenhalter der General Electric Co. M. 2:5.

Abb. 218.



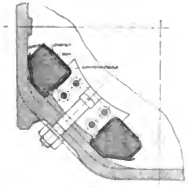
Kohlenhalter mit Federhebel und feststehender Kohle (Kummer). M. 2:5.

Die von Lacombe, Paris, hergestellten Kohleneinlagen haben sich bewährt und werden fast allgemein verwandt. Man rechnet 10 qmm auf 1 Amp. Stromstärke.

c. δ. Magnetspulen.

Die Magnetspulen der Bahnmotoren bedürfen im Gegensatze zu denen stehender Motoren vor Allem einer guten Befestigung am Magnetgestelle, damit sie sich während der Fahrt nicht lockern und an der Isolation leiden. Sodann ist letztere nicht nur gegen Kurzschluss einzelner Windungen unter einander und gegen das Gestell (Erde) im neuen Zustande, sondern auch im Betriebszustande zu sichern, da sie dem Eindringen von Öl und Wasser ausgesetzt sind.

Abb. 219.



Befestigung der Magnetspule durch den Polschuh. Bauart S. H. Short. M. 1:5.

Man wickelt entweder die Spulen auf Wickelformen und umbindet sie mit mehreren Lagen wasserdichten Isolationsstoffes oder man wickelt sie auf Isolationshülsen (Pappe, Vulkanitasbest oder dgl.). Sie werden sodann durch starke Schienen oder verrippte Platten in Korbform unter Zwischenfügung von weichen Unterlagsstoffen (Filz, Glimmer, Gummituch oder dgl.) am Motorgehäuse gehalten (s. z. B. Textabb. 222). Einige Bauanstalten benutzen die Polschuhe zur Befestigung der Magnetspulen (Textabb. 219 und 224), wobei aber sorgfältig darauf zu achten ist, dass einerseits der Polschuh fest

am Motorpole anliegt, und anderseits die Magnetspule nicht eine ihre Isolation gefährdende Pressung erfährt. Die Einlötung der Magnetspulen in Zinkkästen hat sich wegen der schlechten Wärmeableitung nicht bewährt. Der Kabelanschluss der Magnetspule wird in der Form einer bronzenen, etwa 40 mm grossen Platte mit angegossener Kabelöse in die Isolation der Spule eingewickelt und soll sich dort befinden, wo die Lösung des Kabels bei geöffnetem Motor leicht durchführbar ist.

c. ε. Kabelführung des Motors.

Die Kabelein- und -abführung am Motor erfolgt allgemein mittels Gummipfropfen; dieselben erhalten aussen 6 bis 10 mm starke Flanschen, welche die Abbiegung des Kabels ohne Beschädigung der Isolation ermöglichen. Es ist bei Anordnung der Durchführungsöffnungen darauf zu achten, dass der Motor ohne Kabellösung geöffnet werden kann und die Kabel ohne Umwege zum Motor geführt werden können. Die äusseren Anschlussstellen (Doppelösen mit Körnerschrauben) sind nach jedesmaliger Lösung bezw. Vereinigung mit Isolationstuch sorgfältig zu umwickeln. Die Motor-Kabel dürfen keine hin- und hergehenden Bewegungen bei der Fahrt ausführen und sind erforderlichenfalls durch hölzerne Schellen am Motorgestelle oder Wagen zu befestigen.

c. ζ. Beispiele von Gleichstrommotoren.

1. Magnetgestell eines aufklappbaren Strassenbahnmotors, entworfen von S. H. Short (Textabb. 220). Regelleistung bei 65° C Erwärmung über die Aussenluft von 15° C nach einstündigem Laufe 32 kg am Hebelarme 1 m der Motorwelle, 550 Umdrehungen i. d. Minute bei 500 Volt Klemmenspannung. Der Motor ist mittels einer Schwinge (Textabb. 233) an die Wagenachse gehängt. Schmierung mit Fett. Gewicht des vollständigen Motors ohne Zahnräder und deren Verkleidung 804 kg, des leeren Magnetgestelles ohne Schwinge 254 kg, der Schwinge 228 kg, der beiden Zahnräder mit Schutzkasten 130,5 kg, des Ankers 180 kg, der 4 Magnetspulen 73 kg. Die Polschuhe (Textabb. 220) sind aus 2,5 mm starken Blechen zusammengesetzt. Ankerdurchmesser 310 mm, Ankerlänge 220 mm (Textabb. 123). Durchmesser des Stromabgebers 230 mm, Breite desselben 70 mm. 2 einfache Kohlebürsten. Trommelwicklung und Ankerkühlung.

2. Magnetgestell eines aufklappbaren Strassenbahnmotors der General Electric Co., Schenectady, V. St. A. (Textabb. 221). Regelleistung wie unter 1. 32 kg . 550 Umdrehungen i. d. Minute bei 500 Volt Klemmenspannung. Der Motor ruht mit zwei angegossenen Stützlagern auf der zugehörigen Wagenachse. Schmierung mit Fett oder Öl. Gewicht des Motors ohne Zahnräder und Schutzkasten 790 kg. Nutenanker mit Trommelwicklung ohne Luftkühlung (Textabb. 212). Die beiden Magnetspulen durch besondere Körbe am Magnetgestelle befestigt.

3. Aufklappbarer Strassenbahnmotor der E.-A v. Schuckert & Co., Nürnberg (Textabb. 222). Regelleistung wie unter 1. 41 kg . 550 Umdrehungen i. d. Minute bei 500 Volt Klemmenspannung. Aufhängung des Motors wie unter 2. Schmierung mit Fett oder Öl. Gewicht des Motors ohne Zahnräder und Schutzkasten 930 kg. Nutenanker mit Trommelwicklung. Magnetspulenbefestigung wie in Textabb. 219.

4. **Geschlossener Lokomotivmotor der British Thomson-Houston Co, London** (Textabb. 223 und 224). Regelleistung wie unter 1. 200 kg. 540 Um-

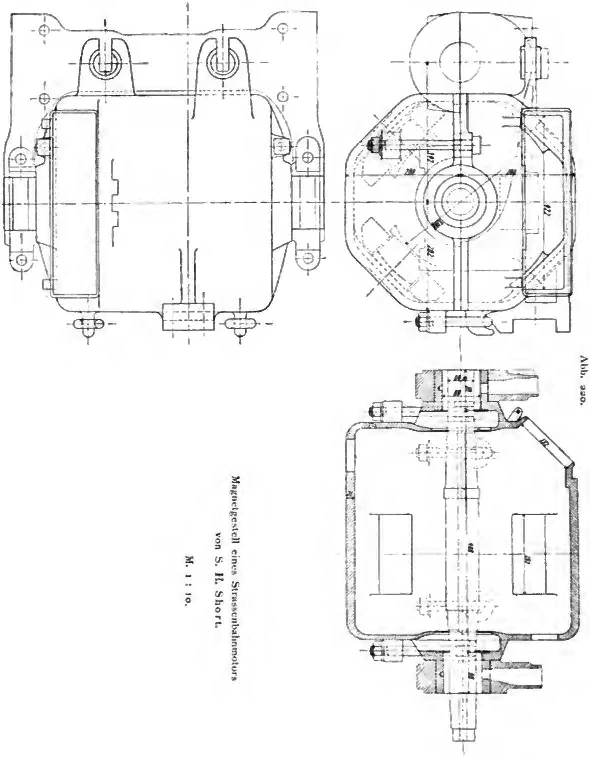


Abb. 220.

Magnetgestell eines Strassenbahnmotors von S. H. Short.

M. 1 : 10.

drehungen i. d. Minute, 500 Volt Klemmenspannung. Gewicht des Motors mit Zahnradübersetzung und Schutzkasten 2500 kg. Aufhängung des Motors wie unter 2.

Schmierung mittels seitlicher Ölpolster (Textabb. 209). Nutenanker mit Trommelwicklung. Grösstmögliche Zahnradübersetzung 1:2,5.

In Textabb. 225 sind die Gewichte und Preise von Bahnmotoren verschiedener

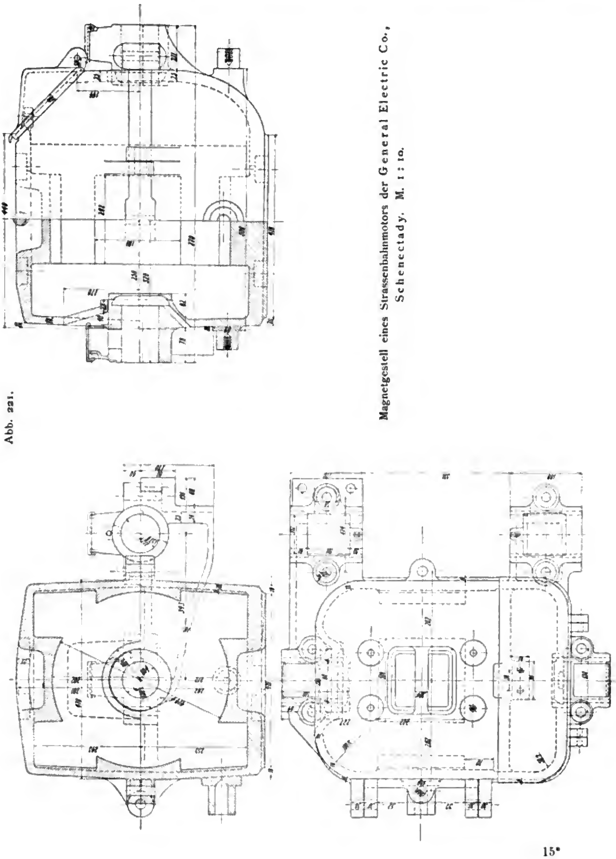


Abb. 221. Magnetgestell eines Strassenbahnmotors der General Electric Co., Schenectady. M. 1 : 10.

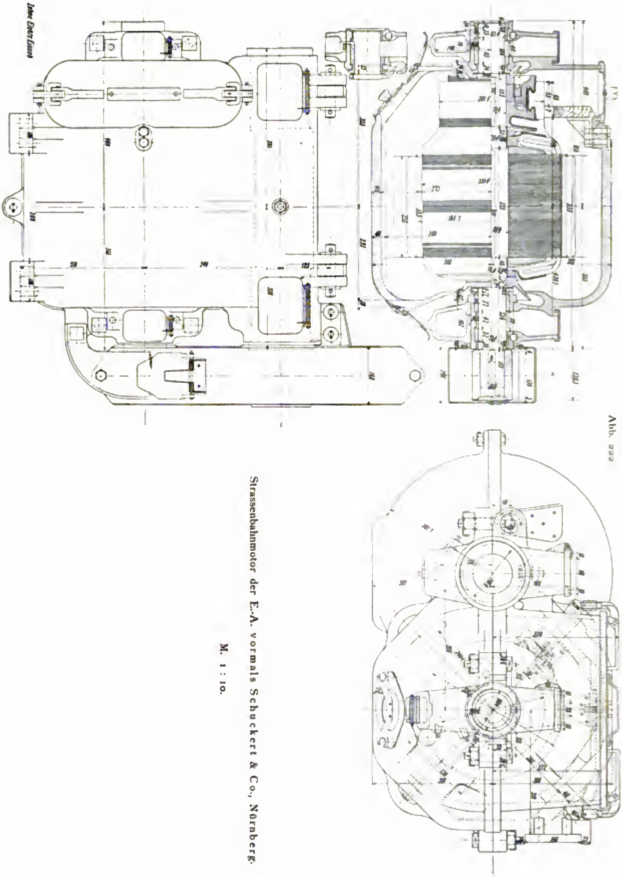
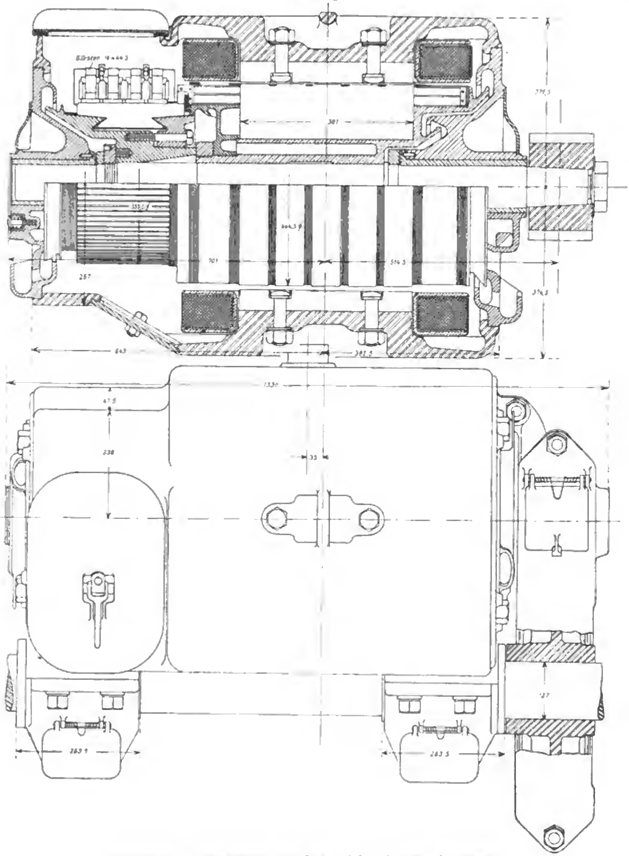


Abb. 222

Strassenbahnmotor der E.-A. vormals Schuckert & Co, Nürnberg.

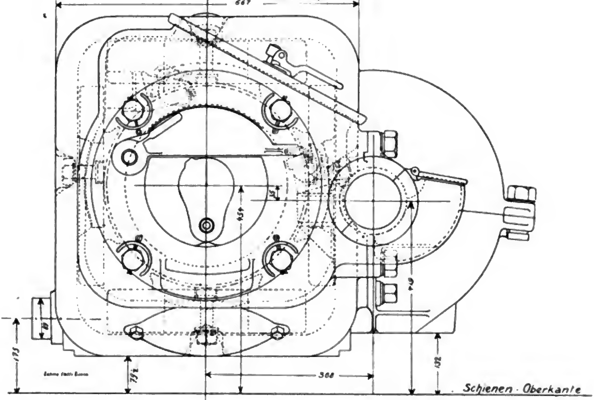
M. 1 : 10.

Abb. 223.



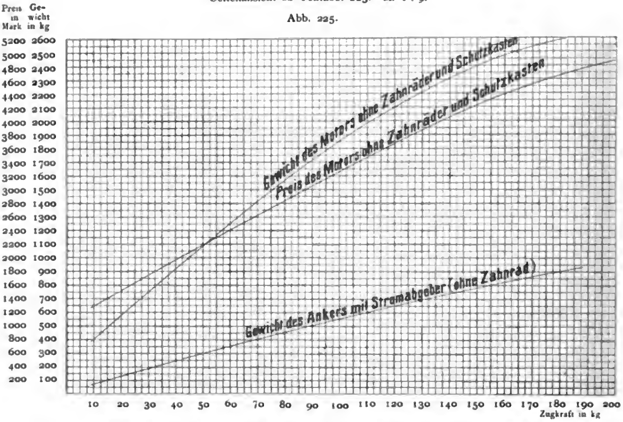
Geschlossener Lokomotivmotor der Central London Ry. (neue Bauart), ausgeführt von der British Thomson Houston Co., London. M. 1 : 9.

Abb. 224.



Seitenansicht zu Textabb. 223. M. 1 : 9.

Abb. 225.



Zusammenstellung der Gewichte und Preise von Bahnmotoren mit Zahnräderantrieb.
Die Zugkraft bezieht sich auf den Hebelarm von 1 m an der Motorachse und 70° C Erwärmung des Motors über die Aussenluft von 15° C nach einstündigem Betriebe.

Grösse angegeben. Die Regelleistungen verstehen sich wie unter Beispiel 1. angegeben jedoch mit 70° C Erwärmung über die Aussenluft von 15° C.

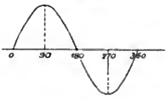
A. 4. Wechselstrommotoren.

4. a. Allgemeines[1]).

Infolge der Bewegung des Ankerdrahtes durch ein magnetisches Feld wird in der Dynamomaschine ein Strom erzeugt, dessen Stärke von Null bis zu einem Höchstwerte ansteigt und dann wieder auf Null herabsinkt. Gelangt hierauf der Ankerdraht zu einem Magnetfelde entgegengesetzter Polarität, so wird in ihm ein Strom des gleichen zeitlichen Verlaufes aber entgegengesetzter Richtung induziert. Während nun in der Gleichstromdynamomaschine die Stromrichtung bei diesem Wechsel durch den Stromabgeber umgekehrt, also in gleichem Sinne erhalten wird (s. Textabb. 182), ist das bei Wechselstrommaschinen nicht der Fall, sodass der Stromverlauf dieser Maschinen die in Textabb. 226 dargestellte Form annimmt. Dieser Strom wird als einphasiger Wechselstrom bezeichnet.

Durch den Fortfall des Stromabgebers erreicht die Wechselstromdynamo einen hohen Grad von Sicherheit gegen sog. Durchschlagen, d. h. nicht beabsichtigten Spannungsausgleich innerhalb der Maschine, sodass man solche Maschinen für erheblich höhere Spannungen als Gleichstromdynamos bauen kann. Hierzu kommt noch die in dem Verlaufe des Wechselstromes begründete leichte Umformbarkeit in einen Wechselstrom von höherer Spannung und entsprechend geringerer Stromstärke und umgekehrt (s. S. 206). Diese beiden Vorteile des Wechselstromes vor dem Gleichstrome kommen in der billigeren Fortleitung des Wechselstromes auf grosse Entfernungen zum Ausdrucke, weil von der Länge der Leitung der Querschnitt und die Kosten der Leitung abhängen, welche mit der Abnahme der Stromstärke d. h. Zunahme der Spannung, sich verringern.

Abb. 226.



Stromverlauf des einphasigen Wechselstromes.

Die mit einphasigem Wechselstrome gespeisten Motoren können entweder als sog. Synchronmotoren oder als sog. Asynchronmotoren gebaut werden. Im Synchronmotor werden die Magnete mit Gleichstrom erregt, im Asynchronmotor kommt nur Wechselstrom zur Verwendung. Beide Motoren sind im Bahnbetriebe zum Antriebe der Achsen des Fahrzeuges ungeeignet. Der selbständige Anlauf unter den im Bahnbetriebe unvermeidlichen Überlastungen ist beim Synchronmotor gar nicht und beim Asynchronmotor nur dann möglich, wenn man sich der sog. Hilfsphase bedient und zu grossen Motormodellen greift, wobei trotzdem grosse Stromstärken nicht zu vermeiden sind.

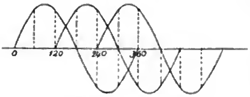
Um den Vorteil der einphasigen Wechselstrommotoren, bestehend in einer einzigen Leitung als Stromzuführung mit Schienenrückleitung, auszunutzen, plant

1) Da die Anwendung des Wechselstromes mehr auf dem Gebiete der elektrischen Hauptbahnen und hauptbahnartigen Eisenbahnen liegt, wird die eingehende theoretische Behandlung der Wechselstrommotoren bei diesen Bahnen gegeben werden. Es sei hier lediglich die Entstehung und Wirkungsweise der Wechselstrommotoren in ihren Umrissen dargestellt.

die **Maschinenfabrik Oerlikon** neuerdings die Umformung dieses Stromes mittels eines einphasigen, in der Lokomotive untergebrachten Synchron- oder Asynchron motors mit Gleichstromdynamo in Gleichstrom, der dann zur Speisung der in üblicher Weise im Fahrzeuge angeordneten Motoren dienen soll[1].

Die Verwendung des Wechselstromes bei Bahnen begann erst mit der Entstehung der **Mehrphasen-** und insbesondere der Dreiphasen- oder **Drehstrom motoren**. Die heute bestehenden Wechselstrombahnen benutzen sämtlich diese Strom art. Vereinigt man nämlich mehrere einphasige Wechselströme, z. B. drei, in der Weise, dass sie in der Phase, d. h. im Stromverlaufe um 120° auf einanderfolgen, so erhält man den in Textabb. 227 dargestellten Stromverlauf des Dreiphasen- oder Drehstromes. Es sind zu seiner Fortleitung drei unabhängige Leitungen erforderlich, indem einer der drei Ströme gleich der Summe der beiden anderen entgegengesetzten Vorzeichens ist und daher jede der drei Leitungen in regelmässigem Wechsel als Rückleitung für die Ströme der beiden anderen Leitungen dient.

Abb. 227.



Stromverlauf des Drehstromes.

Dreiphasenmotoren können ebenfalls als **Synchron-** oder **Asynchronmotoren** gebaut werden. Die ersteren sind streng an die der Polwechselzahl entsprechende Umdrehungsgeschwindigkeit gebunden, laufen nicht selbstthätig an und fallen bei Überlastungen aus dem Synchronismus, was ihren Stillstand zur Folge hat. Das Magnetfeld ist mit Gleichstrom zu erregen. Der synchrone Dreiphasenmotor ist deshalb für Bahnbetrieb unbrauchbar. In asynchronen Dreiphasenmotoren kommt dagegen nur Drehstrom zur Verwendung. Diese Motoren sind bei den bis heute gebauten Wechselstrombahnen zur Verwendung gekommen. Sie sind ihrer Wirkungsweise nach Induktionsmotoren. Das Magnetfeld wird durch mehrphasigen Wechselstrom erregt und erzeugt in dem von der Stromzuführung unabhängigen Anker Induktionsströme, welche dessen Drehung herbeiführen. Die magnetische Erregung eines Eisenringes durch Drehstrom hat die Erzeugung eines sich drehenden Magnetfeldes zur Folge. Ein in solchem Felde, dem sog. Stator oder Ständer, drehbar gelagerter und mit vom Leitungsstrome unabhängigen Wicklungen versehener Anker, dessen Eisen die Kraftlinien des Magnetfeldes schliesst, wird infolge des in der Wicklung induzierten Stromes in Drehung versetzt, und es stellt sich zwischen der hierbei auftretenden Zugkraft und dem dem Unterschiede der Geschwindigkeiten des Magnetfeldes und Ankers entsprechenden Induktionsstrome ein Gleichgewichtszustand ein. Das Verhältnis des Geschwindigkeitsunterschiedes zur Feldgeschwindigkeit nennt man das Schlüpfungsverhältnis, den Unterschied selbst die Schlüpfung des Motors. Das Verhältnis nimmt mit wachsender Belastung zu. Ein mit voller Geschwindigkeit und seiner Regelleistung laufender Drehstrommotor besitzt etwa 5% Schlüpfung.

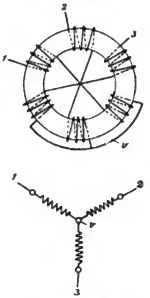
Die Wicklung des Ankers (Rotors, Läufers) kann entweder kurz geschlossen werden (Kurzschlussanker) oder aber zu drei Schleifringen geführt werden (Phasenanker). Letzteres geschieht zwecks Regelung der Fahrgeschwindigkeit und Anlaufstromstärke, also auch zwecks Verringerung des Anfahrtsstosses, mittels eines Vor-

[1]) Vgl. Schweizerische Bauzeitung 1902, Bd. XXXIX, Nr. 10, 11 und 12.

schaltwiderstandes. Dient der Widerstand nur zur Anfahrt, so darf er stärker belastet werden, als wenn er auch zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit diente. Die Zugkraft nimmt mit Vergrösserung des Vorschaltwiderstandes zu. Die Schleifringe lassen sich in durchaus sicherer Weise isolieren und die Stellung der auf ihnen schleifenden Bürsten ist belanglos. Auch kann die Ankerspannung unbeschadet des gewünschten Drehmomentes beliebig kleine Werte annehmen. Einen Anlass zu Störungen geben deshalb die sich für Bahnbetrieb gut eignenden Phasenanker der asynchronen Drehstrommotoren nicht.

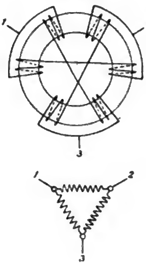
Die Erregung des Stators oder Magnetfeldes, dessen Pole sich entsprechend der Polwechselzahl des Netzstromes mit gleichförmiger Geschwindigkeit drehen, kann mit beliebig hoher Spannung und zwar in Sternschaltung (Textabb. 228) oder in Dreieckschaltung (Textabb. 229) erfolgen. Man geht bei ein und demselben Motor zuweilen von der Dreieckschaltung zur Sternschaltung während des Betriebes und zwar nach dem Anlaufe über.

Abb. 228.



Sternschaltung des Stators.

Abb. 229.



Dreieckschaltung des Stators.

Die Anker der asynchronen Drehstrommotoren können mit verschiedener Phasenzahl gewickelt und diese in Stern- oder Dreieckschaltung untereinander verbunden werden. In der Regel wendet man die Dreiphasen und Sternwicklung an. Die Ankerspannung kann unter Verringerung der Anzahl der Ankerleiter unter Beibehaltung der gewünschten Zugkraft auf jedes Mass, also auch auf völlig betriebssichere Niederspannung z. B. 300 bis 350 Volt vermindert werden.

Die asynchronen Drehstrommotoren eignen sich auch zur elektrischen Bremsung des Fahrzeuges, wenngleich diese in anderer und zwar weniger vorteilhafter Weise als beim Gleichstrom-Reihenmotor vor sich geht. Die Abschaltung des Ständers von der Stromzuleitung und Schaltung des Läufers auf einen mehr oder weniger grossen Widerstand ist hier nicht durchführbar, weil dadurch das Magnetfeld verschwindet und der Anker ohne Arbeitsverrichtung je nach dem Bahngefälle leer weiterläuft oder lediglich nach dem Gesetze der Trägheit zum Stillstande kommt. Dagegen eignet sich der Motor zur Rückarbeit auf das Leitungsnetz. Die vom Fahrzeuge in starken Gefällen auf den Anker ausgeübte drehende Kraft bewirkt, entgegengesetzt der Motorwirkung, eine Mitnahme des Magnetfeldes, welches nun in gleicher Weise eine Schlüpfung gegen den Anker annimmt, wie beim Motor der Anker gegen das Magnetfeld. Die in dieser Weise vom Anker auf das Magnetfeld übertragene Arbeit fliesst in das Leitungsnetz zurück. Bedingung dieser Arbeitsleistung ist eine etwas grössere Umlaufsgeschwindigkeit des Ankers als der Pol-

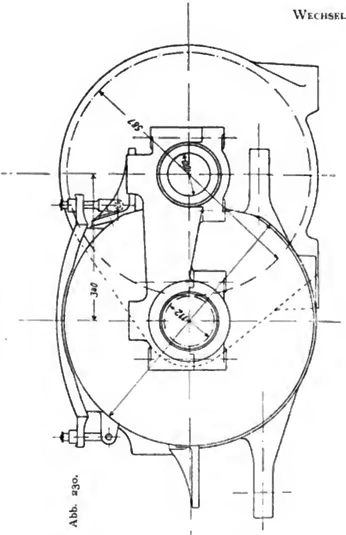
wechselzahl des Leitungsnetzes entspricht. Das Fahrzeug nimmt also unter dem Einflusse dieser elektrischen Bremsung eine Geschwindigkeit an, welche grösser als die Betriebsgeschwindigkeit ist. Dies macht die elektrische Bremse auf Reibungsbahnen mit starken Gefällen, wo sie wirtschaftlich nutzbringend wäre, gefährlich, da bei gewissen Störungen am Motor, an der elektrischen Einrichtung oder Stromabnahme das Fahrzeug auf die mechanische Bremse allein angewiesen ist und diese sich in ansehnlichen Gefällen von 1 : 20 und mehr als nicht genügend, wenn nicht gar als unwirksam, erweisen wird [1]). Bei Zahnstangen und Seilbahnen dagegen wird die elektrische Bremsung wegen der zuverlässigen Wirkung der mechanischen Bremsung immer angewandt werden können. Die elektrische Bremsung kann ihrer Entstehung nach (Voreilung des Ankers) niemals eine Stillstandsbremsung, sondern nur eine Regelungsbremsung sein.

4. b. Ausführung der asynchronen Drehstrommotoren.

Der Bau der Drehstrommotoren für Bahnbetrieb gestaltet sich einfacher als bei Gleichstrommotoren. Er hat gegenüber den zuerst durch Brown, Boveri und Co., Baden, und Oerlikon, Zürich, geschaffenen Modellen wesentliche Änderungen nicht erfahren. Das Motorgehäuse wird als Magnetfeld (Stator, Ständer) ausgeführt und kann mit Rücksicht auf die Wicklung im Gegensatze zu dem Magnetfelde des Gleichstrommotors nicht geteilt werden. Die Drehstrommotoren gehören zu den geschlossenen Motoren, deren seitlicher Abschluss durch die zugleich die Ankerlager bildenden, zylinderischen Deckel bewirkt wird. In den zylinderischen Mantel des Motorgehäuses wird das Magneteisen in der Form eines aus gegenseitig isolierten Blechscheiben zusammengesetzten Ringes in der Weise eingesetzt, dass zwischen Einsatz und Gehäuse ein ringsum nach innen völlig abgeschlossener Luftraum verbleibt, der durch im Gehäuse angeordnete Lüftungsöffnungen mit der Aussenluft in Verbindung steht. Der Magnetring ist mit nach innen verengten Nuten versehen, in welche die Magnetwicklung eingezogen wird. Die Isolation der Wickelung gegen das Eisen wird durch der Nutform angepasste Einlagen aus Glimmer, Mikanit oder Presspahn bewirkt. Das Wicklungsschema geht aus Textabb. 228 und 229 hervor.

Der Anker (Rotor, Läufer) besteht gleichfalls zur Vermeidung der Wirbelströme und zwecks billiger Nutung aus voneinander isolierten Blechscheiben, deren Befestigung wie bei Gleichstrommotoren erfolgt. Letzteres gilt auch von der Achse und ihrer Lagerung in den Motordeckeln. Die Schleifringe bestehen aus Bronce oder Kupferguss und werden untereinander und gegen die Achse durch Hülsen und Scheiben aus Pressspahn, Stabilit, Mikanit, Glimmer oder auch Porzellan isoliert. Die zwischen je zwei Ringen befindlichen Scheiben erhalten so grosse Durchmesser, dass sie einen Übergang zwischen zwei Phasen wirksam verhindern. Die Schleifbürsten bestehen aus Kohleklötzen oder gepresster Kupfergase und werden ähnlich der Textabb. 218 in broncenen Hebeln gehalten. Letztere sind auf einen in dem Motordeckel isoliert gehaltenen Dorn gegeneinander isoliert und drehbar aufgesteckt und werden in der üblichen Weise durch Federn an die Schleifringe mit einem Drucke von etwa 2 bis

[1]) Siehe S. 44, Fussbemerkung.



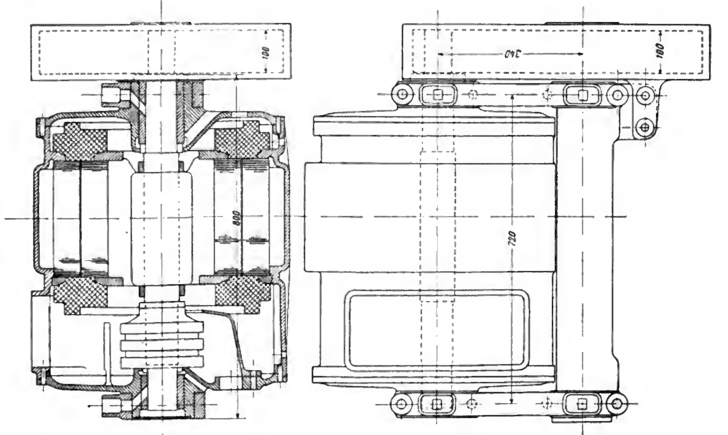


Abb. 230.

Drehstrommotor für eine Lokomotivbahn,
ausgeführt von der E.A. v. Schuckert & Co., Nürnberg.

M. 1 : 10.

2,5 gr/qmm gepresst. Zur Bedienung der Schleifbürsten befindet sich im Motorgehäuse eine dicht schliessende Klappe mit Schnappschloss. Bei Hochspannungsmotoren sind Schleifringe und Bürsten gegen den Stator durch eine mit dem Motorgehäuse verschraubte oder vergossene Scheidewand abgeschlossen.

Textabb. 230 stellt einen von der E.-A. vormals Schuckert & Co., Nürnberg gebauten Drehstrommotor für eine Lokomotivbahn dar. Statorspannung 350 Volt, 660 Umdrehungen in der Minute, Zugkraft am Triebrade von 800 mm Durchmesser bei 1 : 5 Zahnradübersetzung 400 kg. Zweiphasige Ankerwicklung.

A. 5. Die Anordnung und Aufhängung der Motoren.

5. a. Die Anordnung der Motoren.

Über die Berechnung der Anzahl der Motoren eines Triebwagens oder einer Lokomotive sind auf S. 183 u. f. Angaben gemacht worden. Es ist gezeigt worden, dass der bei den ersten Ausführungen elektrischer Strassenbahnen gebräuchliche Antrieb beider Achsen eines gewöhnlichen Fahrzeuges mit Rücksicht auf das erforderliche Reibungsgewicht nicht immer erforderlich war. Man wäre in manchen Fällen mit einem Motor und einer Triebachse allein ausgekommen. Das Reibungsgewicht darf hierbei nicht am gleichmässig belasteten Wagen, sondern infolge der üblichen Überfüllung der einen oder anderen Plattform, die insbesondere in Steigungen eine starke Verschiedenheit der Achsdrucke hervorruft, nur den Betriebsverhältnissen entsprechend ermittelt werden. Die Erhöhung des Reibungsgewichtes über dieses Mass hinaus geht in der Regel mit der durch die grössere Zugkraft bedingten Vermehrung der Motoren Hand in Hand. Die Anordnung der Motoren besteht in diesen Fällen einfach in deren Verteilung auf die Triebachsen. Nur ausnahmsweise wird man von einem Motor aus mehr als eine Triebachse antreiben[1]).

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei vierachsigen Fahrzeugen und bei aus Triebwagen zusammengesetzten Zügen. Erhält ein vierachsiges Fahrzeug vier Motoren, so treibt man jede Achse mit einem Motor gesondert an. Genügen zwei Motoren, so legt man dieselben in ein Drehgestell allein, weil dies die Anordnung der Leitungen und Vornahme von Wiederherstellungsarbeiten vereinfacht, sowie ein grösseres Reibungsgewicht ergiebt als die Verteilung der beiden Motoren einzeln auf beide Drehgestelle.

Ergeben sich bei einem aus mehreren Wagen bestehenden Zuge vier Motoren, so ordnet man dieselben in vorbezeichneter Weise zu je zweien in zwei Triebwagen an und setzt letztere an Anfang und Ende eines Zuges (Textabb. 74 und 84), wenn dieser unverändert bleibt und die Umsetzung an den Endpunkten durch Übergangsweichen erfolgt. Ändert sich dagegen die Zuglänge oder erfolgt die Umkehr an den Endpunkten durch Kehrschleifen oder Gleisdreiecke, so stellt man beide Triebwagen der einfacheren Zugzusammensetzung wegen hintereinander an die Spitze des Zuges. Diese Motorverteilung auf zwei Triebwagen hat im letzteren Falle den Zweck, bei kleineren Zuglängen, für die zwei Antriebe genügen, nur einen Triebwagen, d. h. zwei Motoren im Betriebe zu haben, wodurch die Unterhaltungs-

[1]) Siehe S. 158.

kosten abnehmen und der Wirkungsgrad der Motoren zunimmt. Die Unterbringung der vier Motoren eines Zuges in einem einzigen, vierachsigen Triebwagen bietet den Vorteil der einfacheren Ausführung, insbesondere bezüglich der Regelung; dagegen erschwert sie, wo Umkehrschleifen oder Gleisdreiecke an den Endpunkten fehlen, die Verschiebung und macht auch bei kleinen Zuglängen den Betrieb durch alle vier Motoren erforderlich, was deren unvorteilhafte Belastung zur Folge hat.

Die Verteilung einer grösseren Anzahl als vier Motoren in einem Zuge erfolgt nach den hier angegebenen Gesichtspunkten, welche, kurz zusammengestellt, lauten: Vereinfachung und schnelle Durchführung des Verschiebedienstes, die Führung des Zuges durch einen Triebwagen mit dem Führerstande am Kopfe, Einfachheit der elektrischen Gesamt-Einrichtung, grösstmöglicher Wirkungsgrad und geringste Unterhaltungskosten der Motoren nebst Zubehör, geringste jährliche Betriebsausgaben.

Mehrere Motoren von gleicher oder verschiedener Grösse werden in einem aus mehreren Triebwagen verschiedener Grösse mit oder ohne Anhängewagen bestehenden Zuge nach Massgabe möglichst regelmässiger Belastung verteilt, wobei auf Reibungsgewicht und Triebraddurchmesser thunlichst weite Rücksicht zu nehmen ist.

5. b. Die Aufhängung der Motoren.

Die Aufhängung der Motoren nach der in Textabb. 148 dargesellten Anordnung erfolgt im Untergestelle des Fahrzeuges durch feste Lagerung und Verschraubung. Die Motoren führen von dieser Lagerung her den Namen Gestellmotoren und finden in den oben bezeichneten Ausnahmefällen Verwendung.

Vorherrschend ist die durch Textabb. 141 und 146 sowie Taf. IX und XII gekennzeichnete, von F. J. Sprague angegebene Aufhängung der Motoren. Hiernach ruht der Motor einerseits mit zwei Stützlagern auf der von ihm angetriebenen Achse und ist mit seiner anderen Seite im Untergestelle federnd aufgehängt oder aufgelagert. Diese Lagerung macht die Triebachsen in ihrer Bewegung unabhängig voneinander und gestattet dem Motor kleine Drehungen um die Wagenachse, weniger zwecks Verhütung der Übertragung der Wagenstösse auf den Motor, als zwecks stossfreier Anfahrt und Verhinderung von Zahnbrüchen bei der Anfahrt.

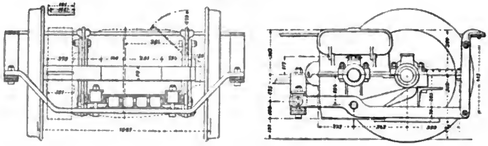
Anstatt die Motoren in der Mitte des Fahrzeuges zu lagern, verwendet man bei Raumbeschränkung, z. B. kleinen Achsständen, die sog. Seitenträger-Aufhängung nach Textabb. 155, 161 und 164 sowie Taf. VIII, X, XLIV, bei welcher der Motor entweder mittels eines angegossenen Zapfens bezw. Öse in einem Querträger gelagert oder mit diesem fest verschraubt ist, wobei der Träger beiderseitig bis zum Untergestellrahmen fortgeführt und dort erst federnd gelagert oder aufgehängt wird.

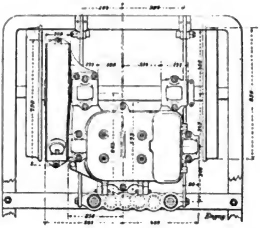
In der Absicht, die Triebachse gänzlich von der Motormasse zu befreien und ihre Nachgiebigkeit bei der Fahrt über Unebenheiten des Gleises und Schienenstosses zu erhöhen, sind von einigen amerikanischen Bauanstalten sog. Schwerpunktsaufhängungen ausgeführt worden. Dieselben haben trotz ihrer Zweckwidrigkeit eine verbreitete Aufnahme gefunden [1].

[1] Diese Aufnahme wurde genannten Aufhängungen auch in der einschlägigen Literatur zu teil, ohne dass bis jetzt auf deren Wesen näher eingegangen worden wäre.

In Textabb. 231[1]) ist die Schwerpunktsaufhängung der General-Electric Co., Schenectady dargestellt. Der Motor hängt einerseits in der gewöhnlichen Weise an der Triebachse; dagegen ist er anderseits nicht mit seiner entgegengesetzten Seite, sondern in der Mitte, ungefähr in der Schwerlinie gelagert, so zwar, dass der Motor

Abb. 231.





Schwerpunktsaufhängung der General-Electric Co., Schenectady.

M. 1 : 25.

von zwei einerseits federnd und anderseits starr mit dem Untergestell verbundenen Hebeln umgriffen wird und mittels zweier angegossenen Zapfen in diesen schwingend ruht.

Von den bei Überwindung eines Hindernisses auf dem Gleise, z. B. eines unebenen stumpfen Schienenstosses, auftretenden Arbeiten, bestehend in

1. der Zusammendrückung der Wagenfeder (Überwindung des Kastendruckes),
2. der Hebung des halben Motorgewichtes,
3. der Hebung der Wagenachse,
4. der Beschleunigung der Massen der Wagenachse und des Motors,

sind von dieser Schwerpunktsaufhängung 1, 3 und 4 wie bei jeder anderen gewöhnlichen Aufhängung desselben Motors zu leisten. An Stelle der Hebung des halben Motorgewichtes tritt bei den an gegen die Achse ungefederten Teilen des Untergestelles aufgehängten Hebeln die Zusammendrückung der Auflagefedern des Hebelwerkes. Den hauptsächlichsten Bestandteil dieser Arbeiten bildet die Beschleunigung, welche die Stösse zwischen Schiene, Motor und Achse hervorruft, und diese

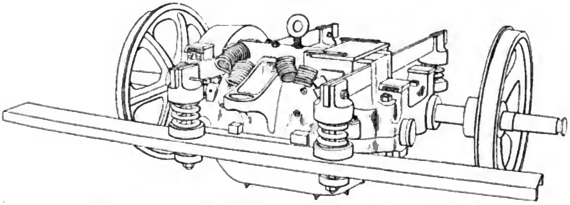
[1]) Eisenb.-Technik d. Gegenwart Bd. I S. 672.

ist bei beiden Aufhängungsarten gleich, da bei der Schwerpunktsaufhängung zwar nur der halbe Hebelarm, dagegen der doppelte Drehwinkel vorhanden ist. Vom Standpunkte der Unterhaltungskosten ist die Schwerpunktsaufhängung teuerer als eine gewöhnliche Aufhängung. Die Verminderung der Abnutzung der Stützlagerschalen wird mit der Erhöhung der Abnutzung der entsprechend stärker belasteten Achsbuchslager des Wagens erkauft.

Textabb. 232 giebt die Schwerpunktsaufhängung der Westinghouse El. & M. Co., Pittsburg an, auf die sich im grossen Ganzen das von Textabb. 231 Gesagte bezieht.

Eine von der Beschleunigung der Motormassen thatsächlich freie Aufhängung schuf S. H. Short, indem er den Motor drehbar in einem Rahmen und letzteren

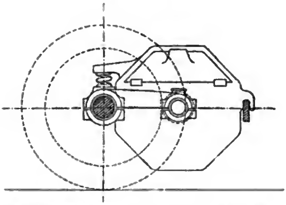
Abb. 232.



Schwerpunktsaufhängung der Westinghouse El. & M. Co., Pittsburg.

drehbar auf der Triebachse lagerte (Textabb. 233). Die Bewegung der Achse beeinflusst hierbei die Motormasse nicht mehr. Es tritt an Stelle der Beschleunigungsarbeit die verhältnismässig geringe Arbeit der Zusammendrückung der Auflagefedern. Die Abdichtung der die Motorlager aussen umgreifenden Lager der Schwinge gegen Staub hat in sorgfältiger Weise zu erfolgen.

Abb. 233.



Motoraufhängung nach S. H. Short. M. 1 : 20.

Flachfedern eignen sich zur Auflagerung der Motoren wegen ihres grossen inneren Reibungswiderstandes zwischen den Federblättern nicht.

Die Aufhängung von Achsenmotoren mit unmittelbarer Auflagerung auf der Triebachse erfolgt in einfacher Weise an Rahmen oder an Querträgern des Untergestelles. Umgreift der Achsenmotor die Triebachse mit einer hohlen Welle, in welchem Falle die Achse vom ruhenden Auflagerdrucke und den aus der Massenbeschleunigung herrührenden Stössen entlastet ist, so ist das Motorgehäuse nicht nur gegen Drehung, sondern auch gegen Verschiebungen in allen Richtungen gesichert im Untergestelle aufzuhängen.

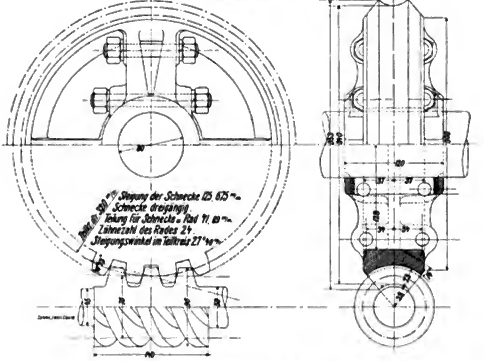
II. B. Triebwerk zwischen Motor und Wagenachse.

Die heute allgemein angenommene einfache Stirnradübersetzung ist trotz ihrer Einfachheit erst einige Jahre nach Entstehen des elektrischen Bahnbetriebes angewandt worden. Die ersten Bahnen arbeiteten mit Riemen (Schuckert, 1886 Schwabing-Ungererbad), Drahtseil, Kette (Siemens, 1889 Pesth), Triebstangen, Kegel-Zahnrädern, Schneckenrädern oder mehrfachen Stirnradübersetzungen. Die letzteren blieben von allen anderen schliesslich allein im Betriebe und wurden dann unter Verwendung langsam laufender Motoren durch die einfache Übersetzung verdrängt. Der Einbau des Triebwerkes gestaltet sich aber hierbei durchaus nicht immer einfach und wäre in manchen Fällen bei einem anderen Triebwerke, z. B. einer Kette oder eines Schraubenrades, leichter ausgeführt. In weniger wichtigen Fällen, bei gering beanspruchten, langsam fahrenden Lokomotiven oder Güterwagen mag mangels geeigneter Motoren oder bei Antrieb beider Wagenachsen durch einen einzigen Motor eine Kette Verwendung finden. Als solche sind Zobels oder Kötters Treibketten zu empfehlen. Das Schlaffwerden der Kette vor der Verkürzung um ein Glied muss durch Verwendung einer mit Feder angepressten Spannrolle verhütet werden. Die Kettengetriebe sind dicht abzuschliessen und regelmässig zu schmieren.

B. I. Schnecke.

Schraubengetriebe sind schwierig zu schmieren und teuer. Der Wirkungsgrad ist nicht so gering, als man früher allgemein annahm, da er bei entsprechender Aus-

Abb. 234.

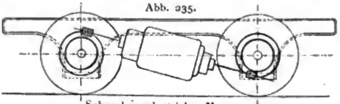


Schnecke mit Schneckenrad. M. 1 : 5.

führung (mehrgängig) und Schmierung zwischen 80 und 90 v. H. schwankt. Die mit dem in Textabb. 234 dargestellten Getriebe vorgenommenen Bremsversuche ergaben

einen Wirkungsgrad von 86 v. H. In einen Triebwagen eingebaut erwies es sich als leicht rückläufig. Die Schnecke bestand aus Tiegelgusstahl, das zweiteilige Rad aus Phosphorbronce. Textabb. 235 [1]) stellt den gleichzeitigen Antrieb zweier Achsen durch einen Motor mit Schneckengetrieben dar. Bei Triebwagen ist die Neigung des Motors wegen Raummangels auch dann nötig, wenn jede Achse von einem eignen Motor angetrieben wird.

Abb. 235.

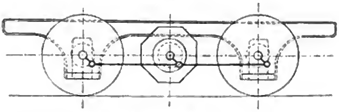


Schneckenradgetriebe. M. 1 : 40.

B. 2. Triebstangen.

Die Übertragung mittels Triebstangen (Textabb. 236 [1]) an elektrischen Fahrzeugen wurde im Jahre 1890 von Eickemeyer aufgebracht, welcher langsam lau-

Abb. 236.



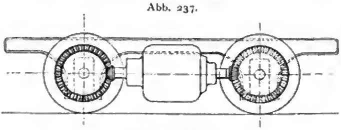
Triebstangen. M. 1 : 40.

fende Motoren unmittelbar mit den Triebachsen kuppelte [2]). Ausser den bei dem Triebwerke der Lokomotiven angegebenen Fällen (S. 151 und 159) findet dieses Übertragungsmittel heute keine Verwendung mehr.

B. 3. Kegelräder.

Die Benutzung von Kegelrädern (Textabb. 237 [1]) ging im Jahre 1889 von Rae aus und unterblieb alsbald, da diese Räder gegenüber gewöhnlichen Stirn-

Abb. 237.



Kegelräder. M. 1 : 40.

rädern nur Nachteile besitzen. Der Einbau grosser Motoren mit Stirnräderantrieb nach Textabb. 141 bietet heute keine Schwierigkeiten mehr.

B. 4. Die mehrfache Stirnradübersetzung.

Mehrfache Zahnradübersetzung mittels Stirnräder wurde bei den ersten im Betriebe wirklich brauchbaren Bahnanlagen als Übertragungsmittel angewandt. Textabb. 195

[1]) Eisenb.-Techn. d. Gegenw. Bd. I, S. 670.

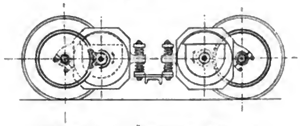
[2]) Siehe z. B. Lumière Electrique 1891, I, S. 413.

stellt ein solches Triebwerk dar. Es wurde von der einfachen Übersetzung verdrängt, als man schnellaufende Motoren durch langsamlaufende ersetzte. Die deutschen Strassenbahnen Bremen, Halle und Gera wurden s. Z. noch mit doppelter Stirnradübersetzung ausgeführt (s. auch S. 209 u. f.).

B. 5. Die einfache Stirnradübersetzung.

Die in Textabb. 238 dargestellte Übersetzung ist heute bei Triebwagen und Lokomotiven vorherrschend. Nachdem man früher die kleinen Räder der Motorachse aus Rohhaut, Vulkanfiber oder aus Scheiben aus solchem Stoffe abwechselnd mit Scheiben aus Eisen oder Bronce ausgeführt, verwendet man heute zu ihrer Herstellung lediglich besten Tiegelstahl oder auch Bessemerstahl.

Abb. 238.



Einfache Stirnrad-Übersetzung. M. 1 : 40.

Auf einer Strassenbahn liefen:

ein kleines Zahnrad	aus Stahl	. . . .	45000 km
ein dgl.	aus Rohhaut	. . .	26000 „
ein dgl.	aus Bronce	. . . .	20000 „

Die kleinen Räder des heute gebräuchlichen Baustoffes bedürfen bei Strassenbahnen mit etwa 2000 Umdrehungen des Ankers auf 1 km Fahrstrecke erst nach 60000 bis 100000 km der Auswechslung.

Die grossen Zahnräder bestanden früher aus Gusseisen, während man heute ausschliesslich weichen Stahlguss dafür verwendet. Ihre Ausführung weicht von der sonst gebräuchlichen Bauart zweiteiliger Räder insofern ab, als wegen der Nähe des Triebrades die sämtlichen Teilungsschrauben von einer Seite und zwar von der Wagenmitte aus zugänglich sein und die üblichen Querrippen deshalb fortfallen müssen. Textabb. 239 stellt ein grosses Zahnrad dieser von amerikanischen Bauanstalten angegebenen Form dar, welches zugleich zeigt, wie weit in der Sparsamkeit betreffs des Baustoffes gegangen werden kann. Das Rad bestand aus Stahlguss und brach bei einer Überanstrengung an den bezeichneten Stellen.

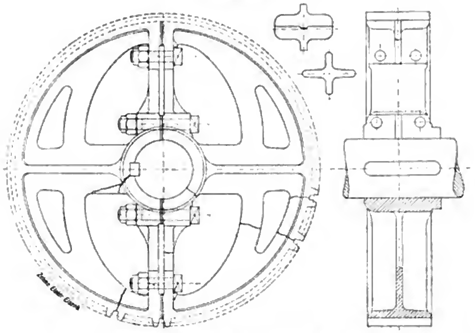
Der Wirkungsgrad der einfachen Stirnradübersetzung beträgt, wenn beide Räder aus dem Vollen sauber gefräst und gut geschmiert werden, 95 v. H.

Die kleinen Räder werden mit Wasserdruck auf die entweder zylindrische oder leicht kegelförmige Motorachse gepresst und mittels einer Kopfschraube gesichert (Textabb. 222 und 223).

Zahnradverkleidung. Zwecks Hintanhaltung der Abnutzung und zur Dämpfung des bei nicht ganz sorgfältiger Aufkeilung oder etwas voneinander abweichender Richtung der Achsen auftretenden Geräusches umgiebt man die Räder mit einem Schutzkasten, der zweckmässig mit einem Gemenge aus gutem Schmierfette und Sägemehl gefüllt wird.

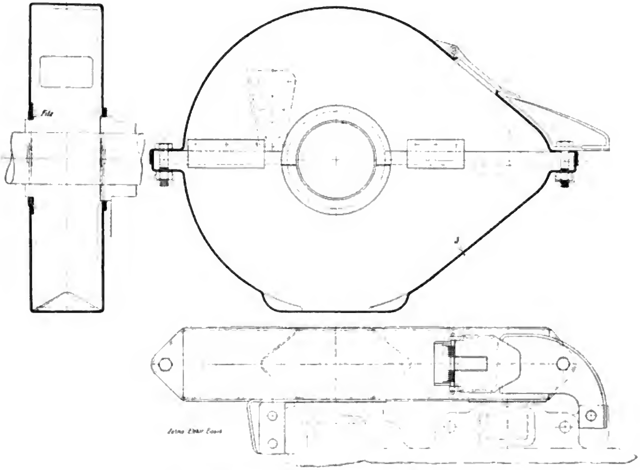
Der Kasten wird einerseits mittels einer gut verrippten Flansche an das Stützlager des Motors geschraubt und anderseits am Zahnradlager des Motors gelagert. Er ist zweiteilig auszuführen. Als Baustoff verwandte man bisher für die untere

Abb. 239.



Zweiteiliges Zahnrad mit Bruchlinien. M. 2 : 15.

Abb. 240.



Zahnradschutzkasten aus gepresstem Bleche. M. 2 : 15.

Hälfte Gusseisen und für die obere 2 mm starkes Eisenblech oder auch für beide Hälften Gusseissen oder Schmiedeisen. In neuerer Zeit haben die von Zehme 1897 angegebenen Schutzkästen aus in jeder Hälfte in einem Stücke gepresstem, etwa 2,5 mm starkem Eisenbleche eine verbreitete Anwendung gefunden (Textabb. 240). Die Flanschen werden mit den Kästen aus einem Stücke gepresst. Die bei allen Schutzkästen unumgänglich notwendige staub- und wasserdichte Verbindung der beiden Hälften wird hier durch Übereinandergreifen der Seitenbleche erreicht.

B. 6. Der unmittelbare Antrieb.

Der unmittelbare Antrieb der Triebachse durch den Motor (Achsenmotor) ist nur bei hohen Fahrgeschwindigkeiten gerechtfertigt. Er wurde zuerst (1889) von S. H. Short angewandt, der den Motor auf die Wagenachse lagerte und die letztere mittels Kuppelscheiben antrieb [1]). Man findet heute an vielen Stellen derartige Achsenmotoren mit Unrecht angewandt [2]). Die Ersparnis an Zahnrädern gegenüber den Zahnradmotoren ist nur ein scheinbarer Gewinn, da ihr die teuereren Motoren, der grössere Kraftverbrauch des Wagens und die teuereren und umständlicheren Wiederherstellungsarbeiten gegenüberstehen. Die Grenze für die Zahnradmotoren wird durch deren grösste Umdrehungsgeschwindigkeit gezogen, welche mit der Motorgrösse allmählich abnimmt. Bei Triebwagen der Lokalbahnen und Überlandbahnen und, soweit eine Fahrgeschwindigkeit bis etwa 60 km/Std in Frage kommt, auch der Hauptbahnen werden mit Vorteil noch Zahnradmotoren angewandt [3]). Die Ausführung der Achsenmotoren soll stets mit hohler, die Federung der Wagenachse nicht hindernder Ankerachse erfolgen [1]), wobei die ganzen Motoren im Untergestelle aufgehängt werden. Unmittelbar auf der Wagenachse gelagerte und in der Querrichtung nicht abgefederte Achsenmotoren bewirken frühzeitige Zerstörung der Gleise.

II. C. Regelung und Anlassen der Motoren.

C. 1. Regelung und Anlassen der Gleichstrommotoren.

1. a. Allgemeines.

Die Vorrichtungen, welche zur Regelung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Motoren dienen, finden auch zur Ingangsetzung, zum sog. Anlassen der letzteren Verwendung und sind deshalb nach beiden Richtungen hin zu berechnen. Sie beruhen entweder auf der Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes oder auf dem Vorschalten eines Widerstandes. Der mit letzterem Verfahren verbundene Kraftverlust gab Veranlassung zur Einführung der durch die Veränderung der Feldstärke bewirkten Regelung. Diese wiederum erwies sich alsbald als noch nachteiliger, so dass man wieder zu der einfachen Regelungsart mittels Vorschaltwiderstandes zurückkehrte, die bei Einzelmotoren allgemeine Annahme gefunden hat. Hierzu kam bei

---

[1]) Siehe z. B. Lumière Electrique, 1891, Juli, S. 266.

[2]) Als Beispiele seien hier die ehemaligen Triebwagen der Wannseebahn 1900, die älteren Triebwagen der Rheinischen Bahngesellschaft (Düsseldorf-Krefeld) sowie die Lokomotiven der Central London Ry. (Textabb 156) vor ihrem Umbaue genannt.

[3]) Die Triebwagen der Isarthalbahn der Lokalbahn-Akt.-Ges. München (45 km/Std), der Kgl. Bayer. Pfälz. Eisenbahnen, Ludwigshafen (50 km/Std) sowie der Grossherzogl. Badischen Staatsbahnen (50 km/Std) besitzen Zahnradmotoren.

zwei Motoren noch die Reihen-Nebenschaltung, deren Wirkungsweise der des Vorschaltwiderstandes mit dem Unterschiede gleicht, dass der erhöhte Widerstand durch die Hintereinanderschaltung der Motoren gebildet wird.

Neben diesen Regelungsarten giebt es noch solche, welche durch die Vereinigung zweier Arten entstanden sind.

Gleichwie die Berechnung der Gleichstrommotoren nur für die Hauptstrommotoren durchgeführt wurde, so soll auch hier nur diese Motorart behandelt werden.

Der Hauptstrommotor ändert seine Umdrehungsgeschwindigkeit bei gleichbleibender Klemmenspannung mit seiner Belastung nach den Gleichungen (Gl. 26):

$$e = I w + E; \; E = e - I w$$

und (Gl. 31)

$$E = N z p \frac{n}{60}$$

Der mit der zunehmenden Zugkraft wachsende Geschwindigkeitsabfall ist in Textabb. 194 bildlich dargestellt. Der Motor läuft demnach bei grosser Stromstärke und Belastung langsam, da hiermit die elektromotorische Gegenkraft E sinkt, die Feldstärke aber zunimmt und mithin die Umdrehungszahl n kleiner wird. Nimmt die Belastung des Motors und mithin seine Stromstärke ab, so wachsen E und n. Bei Leerlauf wächst n in mechanisch unzulässiger Weise, d. h. der Motor „geht durch". Diese Entlastung ist aber bei Bahnmotoren wegen der Reibung zwischen Triebrad und Schiene nicht möglich. Das mitunter eintretende Schleudern der Triebräder erfolgt immer mit einer der verminderten aber niemals verschwindenden Reibung entsprechenden Geschwindigkeit.

1. b. Regelung durch Veränderung der Stärke des Magnetfeldes.

Aus Gl. 31

$$E = N z p \frac{n}{60}$$

die man für einen gegebenen Motor als Ausdrucks-Gleichung auch

$$E = N n$$

schreiben kann, folgt, dass bei einer bestimmten Motorbelastung zur Erreichung der der Gleichung

$$E = e - I w$$

entsprechenden elektromotorischen Gegenkraft die Feldstärke N in demselben Masse ab- bezw. zunehmen muss, wie n zu- bezw. abnehmen soll.

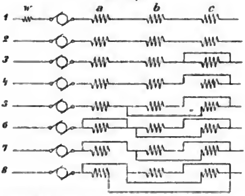
Die Veränderung von N wird durch Veränderung der Amp.-Windungen des Magneten bewirkt (S. 203 und 204), welche durch die Magnetisierungslinie (Textabb. 193) dargestellt wird. Für dieselbe ist jetzt nicht mehr der ganze Ankerstrom I, sondern ein Teil desselben zu Grunde zu legen.

Da die ganze Magnetwicklung nicht annähernd genügend Widerstand für das Anlassen des Motors bietet, so ist auch bei allen Magnetregelungen ein besonderer Vorschaltwiderstand unerlässlich.

Die Schwächung des Feldes kann entweder durch Unterteilung der Magnetspulen oder durch Nebenschaltung eines Widerstandes zu letzteren erfolgen.

1. Die Unterteilung der Magnetwicklung ist 1886 von Frank J. Sprague angegeben (S. 209) und von der 1892 diese Bauart für Deutschland erwerbenden Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, weiter ausgebildet worden, während die die Spragueschen Werke übernehmende General Electric Co., Schenectady, diese Regelungsart 1893 dauernd verliess (S. 210). Sprague teilte die Magnetwicklung in drei Teile a, b, c (Textabb. 241)[1]) und schaltete diese bei der Anfahrt für geringe Fahrgeschwindigkeit und hohe Zugkraft in Reihe, dann allmählich teilweise neben- und hintereinander und schliesslich sämtlich nebeneinander. Bei n Windungen in jedem Spulenteile und I Amp Ankerstromstärke ist also die Amp.-Windungszahl bei Hintereinanderschaltung der Spulengruppen

Abb. 241.



Geschwindigkeitsregelung durch Magnetumschaltung.

$$3\,n\,I$$

und bei Nebeneinanderschaltung

$$3\,n\,\frac{J}{3} = n\,I$$

Die Zwischenstellungen werden unter Berücksichtigung der Widerstände und Stromstärke in den Magnetwindungen berechnet.

Die Leistung des Motors bei voller Fahrgeschwindigheit ist für Nebeneinanderschaltung aller Spulenteile zu berechnen, der Querschnitt des Magneten aber im Allgemeinen für Hintereinanderschaltung derselben.

Die Zugkraft des Motors lässt sich bei Anfahrten durch Hintereinanderschaltung der Spulengruppen unter gleichzeitiger Einstellung kleiner Fahrgeschwindigkeit erhöhen, ohne die Stromstärke zu erhöhen; anderseits lässt sich bei geringen Bewegungswiderständen, z. B. auf wagrechter, gerader Strecke ein zu starkes Anwachsen der Fahrgeschwindigkeit durch Hintereinanderschaltung der Spulengruppen unter Verminderung des Stromverbrauches umgehen.

Diese Regelungsart arbeitet also, von der letzten Schaltstufe abgesehen, sparsamer als diejenige mittels Vorschaltwiderstände im Hauptstromkreise. Dagegen erfordert sie bei zwei und mehr Motoren eine grosse Anzahl von Leitungskabeln und, wenn man die für die Motorarbeit höchst nachteilige Verbindung a (Textabb. 41) vermeidet, auch eine grosse Anzahl von Stromschlusstücken im Regler. Die Magnetspulen und mithin der Motor erhalten ferner erheblich grössere Abmessungen und in der Hintereinanderschaltung innere Widerstände als bei Regelung mit reinem Vorschaltwiderstande oder mit Reihen-Nebenschaltung. Der in den Magnetspulen iegende Widerstand ist trotzdem nicht gross genug, um ohne besonderen Vorchaltwiderstand w bei der Anfahrt die mangels genügend grosser elektromotorischer Gegenkraft auftretenden grossen Stromstärken zu verhindern.

Die Berechnung des Vorschaltwiderstandes erfolgt bei der Sprague-Regelung wie bei der Widerstandsregelung angegeben (S. 248).

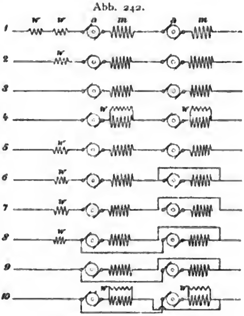
Die Spraguesche Schaltung wird aus den hier angeführten Gründen heute

[1]) Eisenb.-Techn. d. Gegenw. Bd. I, S. 674.

nicht mehr angewandt. Man ersetzt ältere Einrichtungen vielerorts durch die Reihen-Nebenschaltung [1]).

2. Das Nebenschalten eines Widerstandes w zu den Magnetwicklungen nach Textabb. 242 ist insofern nicht unzweckmässig, als der Widerstand bei der Anfahrt zum Vorschalten benutzt werden kann und die Kabelverbindungen am Motor sowie die Magnetspulen selbst einfacher als bei der Spragueschen Regelung ausfallen. Die Regelung ist nur für geringe Geschwindigkeitserhöhung mit Vorteil anwendbar und wird heute noch in Verbindung mit einer Vorschaltwiderstands- oder Reihen-Nebenschaltung benutzt, wenn es sich darum handelt, am Schlusse der Regelungsstufen für besondere Fälle, z. B. ungünstige Witterung oder kurze, mit bestimmter Geschwindigkeit zu befahrende Steigungen oder wagrechte Strecken, eine im gewöhnlichen Betriebe nicht benutzte Schaltung für Geschwindigkeitserhöhung zu besitzen [2]).

Abb. 242.



Reihen-Nebenschaltung.

1. c. Regelung durch Reihen-Nebenschaltung.

Die Reihen-Nebenschaltung der Motoren beruht darauf, dass bei der Anfahrt und bei geringen Fahrgeschwindigkeiten die Motoren hintereinander, im übrigen nebeneinander geschaltet werden. Bezeichnet E die elektromotorische Gegenkraft, e die Klemmenspannung, I die Stromstärke des Hauptstrommotors, w dessen Widerstand, so ist bei Reihenschaltung

$$E_1 = \frac{e}{2} - I \cdot w$$

und bei Nebeneinanderschaltung

$$E_2 = e - I \cdot w$$

Es verhalten sich also die Umdrehungsgeschwindigkeiten bei beiden Schaltungen unter Berücksichtigung der Gl. 31 wie

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{0{,}5\, e - I w}{e - I w} \qquad \text{Gl. 41}$$

Die Geschwindigkeit der Reihenschaltung ist demnach etwas geringer als die halbe Geschwindigkeit der Nebeneinanderschaltung.

Diese beiden Hauptstufen können durch Vorschaltwiderstand oder Neben-

[1]) Nürnberg-Fürther Strassenbahn-Gesellschaft (1900), Leipziger Elektrische Strassenbahn (1901).

[2]) Die Speicherwagen der Kgl. Bayer. Pfälz. Eisenbahnen (Ludwigshafen-Neustadt-Worms), der Kgl. Bayer. Staatsbahnen (Augsburg-Haunstetten) sowie der Grossherzogl. Bad. Staatseisenbahnen (Karlsruhe-Graben) besitzen diese Regelung in Verbindung mit Reihen-Nebenschaltung.

schaltung eines Widerstandes zu den Magnetspulen weiter ausgebildet werden (s. z. B. Textabb. 242). Die Reihen-Nebenschaltung arbeitet, da die Eigenwiderstände der Motoren bei der Anfahrt in Reihe liegen, sparsamer als die ausschliesslich mit Vorschaltwiderstand vor den nebeneinander geschalteten Motoren wirkenden Schaltungen; da sie ferner weite Geschwindigkeitsgrenzen und geringste Motorgrösse ermöglicht, hat sie eine allgemeine Anwendung bei Wagen und Zügen mit zwei und mehr Motoren gefunden. Die Berechnung der Widerstände für diese Schaltung ist unter 1. d. angegeben.

1. d. Regelung mit Vorschaltwiderstand.

Die Geschwindigkeitsregelung und das Anlassen eines Motors mittels Vorschaltwiderstandes beruht darauf, dass in der Gleichung (Gl. 26)

$$e = I w + E$$

für eine bestimmte Motorbelastung I der gesamte Widerstand w so gross gemacht wird, als die der Umdrehungsgeschwindigkeit entsprechende elektromotorische Gegenkraft E erfordert, wobei

$$E = N n$$

ist und N aus I zu ermitteln ist.

In dem Masse, als mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit die elektromotorische Gegenkraft E des Motors zunimmt, ist der Vorschaltwiderstand aus dem Stromkreise auszuschalten.

Diese Regelungsart ist für Einzelmotoren einfach und betriebssicher. Da man meist mit der letzten Stufe, also ohne Vorschaltwiderstand fährt und die Fahrgeschwindigkeit durch Ein- und Ausschalten der Motoren regelt, arbeitet die Regelungsart im Betriebe auch nicht so unwirtschaftlich als theoretisch vielfach angegeben wird. Der Verlust an Arbeitsvermögen

$$I^2 w$$

welcher sich als Erwärmung des Vorschaltwiderstandes äussert, tritt nur während verhältnismässig kurzer Zeit auf.

Für die Bestimmung des Vorschaltwiderstandes ist von E. Körner, Nürnberg ein einfaches zeichnerisches Verfahren angegeben worden, welches in folgender Weise durchgeführt wird.

Da die elektromotorische Gegenkraft E eines Motors von dessen Umlaufgeschwindigkeit und der Erregestromstärke des Magnetfeldes sowie die Grösse des Vorschaltwiderstandes von der Klemmenspannung e und der elektromotorischen Gegenkraft E abhängen, so ist zur Bestimmung des jeweils erforderlichen Vorschaltwiderstandes die Abhängigkeit der Drehgeschwindigkeit von den bei der Ingangsetzung von Fahrzeugen in Betracht kommenden Grössen der Motorbelastung, d. h. der Stromstärke oder der Zugkraft zu suchen.

Nach S. 185 ist

$$p = P \frac{g}{G}$$

und

$$v = p t = P t \frac{g}{G}$$

Diese Geschwindigkeit kann hiernach in der Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft P aufgetragen werden[1]).

Die beschleunigende Kraft des Hauptstrommotors verändert sich bei gleichbleibender Klemmenspannung mit der Drehgeschwindigkeit und dem Gesamtwiderstande im Stromkreise. Die Geschwindigkeitslinie nimmt daher je nach der Leistungslinie des Motors entsprechend dem jeweiligen Gesamtwiderstande einen verschiedenartigen Verlauf.

Von einem Motor sei nun durch Bremsung für einen bestimmten Gesamtwiderstand und eine bestimmte Klemmenspannung die Leistungslinie aufgenommen, und zwar der Stromverbrauch in Abhängigkeit von der Zugkraft und Drehgeschwindigkeit. Man zeichne sodann für verschiedene Gesamtwiderstände und, falls man dem Motor zwecks Geschwindigkeitsregelung auch verschiedene Spannungen zuführt, wie z. B. bei der Reihen-Nebenschaltung, für entsprechend verschiedene Spannungen die zugehörigen Geschwindigkeitslinien auf. Bezeichnet man zu diesem Zwecke mit:

v_1 in m/sec die Drehgeschwindigkeit der Motorwelle am Umfange eines Kreises von 1 m Halbmesser,

E_1 die elektromotorische Gegenkraft des Motors bei 1 Amp. Stromstärke und 1 m Drehgeschwindigkeit auf besagtem Kreise,

so folgt

$$E = E_1 v_1 = e - I w$$

und

$$E_1 = \frac{e - I w}{v_1}$$

Bei irgend einem andern Gesamtwiderstande w_2, einer andern Klemmenspannung e_2, aber derselben Zugkraft und mithin Stromstärke I ist:

$$E_1 = \frac{e_2 - I w_2}{v_2}$$

also

$$v_1 = v_2 \frac{e - I w}{e_2 - I w_2} \qquad \text{Gl. 42}$$

und im besonderen Falle, wo $e = e_2$ ist

$$v_1 = v_2 \frac{e_2 - I w}{e_2 - I w_2} \qquad \text{Gl. 43}$$

Nach diesen Gleichungen ändert sich die Geschwindigkeit v_1, wenn dem Stromkreise verschiedene Gesamtwiderstände gegeben oder verschiedene Spannungen zugeführt werden; man kann mit ihrer Hilfe die zu beliebigen Widerständen gehörigen Geschwindigkeitslinien bestimmen.

Der leichteren Übersicht wegen zeichne man in der Leistungslinie des Motors ein für alle Mal die Geschwindigkeitslinien auf, welche ganzen und Bruchteilen von Widerstandseinheiten entsprechen. Man ersieht dann sogleich, welcher Widerstand bei der mit Hilfe der Geschwindigkeitslinie ermittelten Umfangsgeschwindigkeit v_1 im Augenblicke eines Wechsels der Schaltstufen dem Stromkreise gegeben werden muss, damit eine bestimmte beschleunigende Kraft und mithin eine bestimmte Stromstärke eingehalten werde.

---

[1]) Vgl. Elektrotechn. Zeitschr., 1899, S. 39.

Die Aufzeichnung der verschiedenen Geschwindigkeitslinien lässt sich in der Weise durchführen, dass man Gl. 43 schreibt

$$v_1 = \frac{v_2}{e_2 - I\,w_2}\,(e_2 - I\,w)$$

und für einen beliebigen, anderen Gesamtwiderstand w_3, jedoch dasselbe e_2 und I

$$v_3 = \frac{v_2}{e_2 - I\,w_2}\,(e_2 - I\,w_3)$$

woraus sich ergiebt

$$v_1 - v_3 = \frac{v_2}{e_2 - I\,w_2}\,I\,(w_3 - w) \qquad \text{Gl. 44}$$

d. h. für gleichmässige Abstufungen in den Widerständen, derart, dass $(w_3 - w)$ stets denselben Wert hat, behält auch $v_1 - v_3$ gleichen Wert. Man kann also, wenn zwei Linien $P = f(v)$ für dieselbe Betriebsspannung e_2 aber verschiedene Gesamtwiderstände bekannt sind, beliebig viele dazwischen liegende Linien für dazwischen liegende Widerstände erhalten, wenn man die zu einer Zugkraft gehörigen Weiten der beiden Linien von einander abzieht und den Unterschied in soviel gleiche Teile teilt als Zwischenlinien gewünscht werden. Die Verbindungslinien gleichartig gelegener Teilpunkte liefern die gesuchten Linien.

Der Gang der Berechnung der Vorschaltwiderstände ist nun derart, dass man zunächst mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes

$$W = \frac{e}{I}$$

den Gesamtwiderstand w_1 der ersten Schaltstufe ermittelt, welcher bestehen muss, damit beim stillstehenden Motor die zulässige Stromstärke oder Zugkraft nicht überschritten werde. Man zeichnet für diesen Gesamtwiderstand w_1 und die Spannung e die Leistungslinie und stellt nunmehr die Geschwindigkeit beim Einschalten der zweiten Stufe fest, entnimmt entsprechend dieser Geschwindigkeit und der zulässigen Stromstärke oder Zugkraft aus der Leistungslinie des Motors den erforderlichen Gesamtwiderstand w_2, ermittelt weiter durch Vervollständigung der Geschwindigkeitslinie nach Massgabe der Leistungslinie für w_2 für diesen Widerstand w_2 die Geschwindigkeit beim Einschalten der dritten Stufe u. s. f. Der für die einzelnen Schaltstufen zu wählende Vorschaltwiderstand ergiebt sich dann, wenn man von den auf vorstehende Art ermittelten Gesamtwiderständen den Motorwiderstand abzieht, also z. B. bei Reihen-Nebenschaltung zweier Motoren auf den Reihenschaltstufen den doppelten Widerstand, auf den Nebenschaltstufen den halben Widerstand des Einzelmotors.

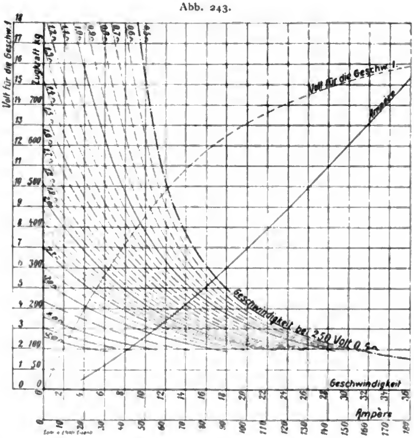
Nebenfragen, z. B. wie gross die Stufenzahl bei der vorgeschriebenen Stromstärke oder Zugkraft werden muss, wie lange die einzelnen Stufen der grösstzulässigen Stromstärke ausgesetzt sind, um danach die Abmessungen der Widerstandsquerschnitte bestimmen zu können u. s. w., werden durch vorstehendes Verfahren ebenfalls gelöst.

Die vorbeschriebene Bestimmungsweise der Widerstände nimmt zunächst auf die Selbstinduktion des Stromkreises keine Rücksicht, da deren Wirkung rechnerisch nicht gut zu verfolgen ist. Die Wirkung der Selbstinduktion wird sich darin

äussern, dass die beschleunigenden Kräfte unmittelbar nach dem Einschalten der Stufe etwas kleiner als rechnerisch ermittelt ausfallen, im weiteren Verlaufe jedoch stärker anwachsen; man kann annehmen, dass die mittlere beschleunigende Kraft annähernd der rechnerisch ermittelten, mittleren beschleunigenden Kraft gleichkommt. Das Verfahren ergiebt jedenfalls, wie Versuche gezeigt haben, auch bei Auftreteu von Selbstinduktion richtige Werte.

Beispiel. Ein zweiachsiger Strassenbahnwagen habe ein Durchschnittsgewicht von 9500 kg und jede seiner Achsen werde durch einen Hauptstrommotor, dessen Eigenschaften aus der in Textabb. 244 dargestellten Leistungslinie ersichtlich

Abb. 243.



Leistungsdarstellung eines Motors für verschiedene Widerstände im Stromkreise und gleichbleibende Klemmenspannung zur Bestimmung des Vorschaltwiderstandes nach E. Körner.

sind, angetrieben. Das Anlassen des Wagens bezw. der beiden Motoren soll mittels der bekannten Reihen-Nebenschaltung in der Weise erfolgen, dass auf den drei ersten der sechs Anlasstufen die beiden Motoren hintereinander, auf den drei letzten Stufen dagegen nebeneinander geschaltet werden. Der Regler soll ermöglichen, ohne merkbaren Stoss und

1. vorzugsweise mit einem Anhängewagen von 5000 kg Gewicht auf der Wagrechten anzufahren,
2. in Steigungen von 20‰ und 50‰, in Ausnahmefällen auch mit einem Anhängewagen, anzufahren,
3. in Steigung von 80‰ mit dem Triebwagen allein anzufahren.

Die Betriebsspannung der Bahn betrage 500 Volt und die höchstzulässige Beschleunigung des Wagens oder Zuges 0,5 m/sec. Der Bewegungswiderstand werde zu 12 kg/t angenommen.

Die Lösung der Aufgabe ist gleichfalls in Textabb. 244 dargestellt. Zur Erleichterung der Arbeit ist die Leistungslinie des Motors auf Zugkraft am Triebradumfange und auf km/Std Fahrgeschwindigkeit umgezeichnet worden, sodann wurde dieselbe durch die Linien für verschiedene Gesamtwiderstände w und zwar für 250 Volt (Reihenschaltung) und 500 Volt (Nebeneinanderschaltung) Spannung vervollständigt. Die sechs Schaltstufen mögen nacheinander in Zeitzwischenräumen von vier Sekunden eingeschaltet werden.

Die Linien der Geschwindigkeit und der Motorleistung sind in der Stellung zu einander dargestellt, welche sie bei der Ermittelung der Widerstandsstufen für das Anfahren auf der Wagrechten haben und für den Fall, dass der Triebwagen allein fährt; die Geschwindigkeitslinie liegt mit der Weitenaxe um den Anteil eines Motors am gesamten Zugwiderstande, d. i.

$$\frac{9{,}5 \cdot 12}{2} = 57 \text{ kg für jeden Motor}$$

über der Weitenaxe der Leistungslinie des Motors. Mit Rücksicht darauf, dass man die Anlasswiderstände meist für verschiedene Zugwiderstände, entsprechend verschiedenen Steigungen oder verschiedenen Zuggewichten, berechnen muss, den Motorlinien in diesen Fällen also entsprechend veränderte Stellungen gegen die Geschwindigkeitslinie geben muss, empfiehlt es sich, erstere auf ein besonderes Blatt zu zeichnen, sodass man den Abstand der Weitenaxe der Motorlinie gegen die Weitenaxe der Geschwindigkeitslinie nach Belieben wählen kann. Dies erleichtert die Ermittelung, ausserdem können die einmal entworfenen Motorlinien, falls Übersetzung, Triebraddurchmesser und Spannung unverändert bleiben, für die Berechnung der Widerstände zu irgend einem anderen Triebwagen benutzt werden.

In der Geschwindigkeitslinie ziehe man nun als Hilfslinie zunächst diejenige Grade OD durch den Nullpunkt des Axenkreuzes, welche der Beschleunigung von 0,5 m/sec ihrer Neigung nach entspricht.

Diese Linie muss auch durch den Punkt mit der Weite bezw. Höhe von 10 sec und 18 km/Std gehen.

Die Beschleunigung erfordert insgesamt

$$\frac{9500}{9{,}81}\, 0{,}5 = \backsim 475 \text{ kg}$$

mithin

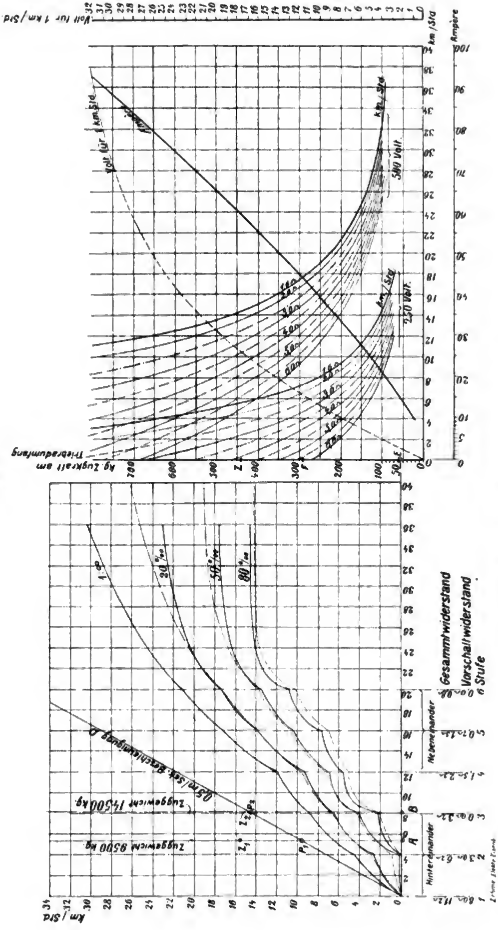
$$\frac{475}{2} = \backsim 238 \text{ kg für jeden Motor.}$$

Es hat also jeder Motor, wenn beim Einschalten irgend einer Stufe beide Motoren die Beschleunigung von 0,5 m/sec hervorrufen sollen, einschliesslich des Bewegungswiderstandes auf der Wagrechten

$$238 + 57 = 295 \text{ kg}$$

Zugkraft am Triebradumfange zu entwickeln. Zieht man nun durch den der Gesamtzugkraft jedes Motors von 295 kg entsprechenden Punkt F in der Leistungslinie des Motors eine Wagrechte bis zu der der Beschleunigung von 0,5·m/sec entsprechenden Linie OD (Punkt P_1), so ist ersichtlich, dass man für das ungeänderte Zug-

Abb. 244.



Bestimmung des Vorschaltwiderstandes nach E. Körner.

gewicht von 9500 kg die durch die Einwirkung beider Motoren bei irgend einer andern Zugkraft, z. B. der Zugkraft OZ des einzelnen Motors, hervorgerufene Beschleunigung des Wagens dadurch zur Darstellung bringen kann, dass man durch Punkt Z auf die durch P_1 gehende Höhe bis zum Punkte Z_1 eine Wagrechte und darauf die Gerade OZ_1 zieht. Das Neigungsverhältnis von OZ_1 gegen die Weitenaxe stellt alsdann die unter der Einwirkung beider Motoren hervorgerufene Beschleunigung des Wagens dar, wenn jeder Motor die Kraft OZ entwickelt. Man erkennt sodann, ob die jeweils erzielten Beschleunigungen grösser oder kleiner als der vorgeschriebene Höchstwert von 0,5 m/sec ausfallen.

Die Zeichnung der Geschwindigkeitslinie ergiebt sich nunmehr ohne weiteres unter Berücksichtigung des oben Gesagten.

Als Widerstand der ersten Stufe findet man, da der Motor entsprechend der grössten Zugkraft von 295 kg 45 Amp. aufnimmt,

$$\frac{500}{45} = 11{,}1\,\Omega$$

Der Widerstand der hintereinander geschalteten Motoren beträgt zusammen 3,2 Ω; der Vorschaltwiderstand muss mithin für die erste Stufe

$$11{,}1 - 3{,}2 = 7{,}9\,\Omega$$

sein. Wir wählen 8,0 Ω.

In der durch Textabb. 244 veranschaulichten Weise findet man für

Stufe	2	den Vorschaltwiderstand	3,0 Ω
„	3	„ „	0,0 „
„	4	„ „	1,5 „
„	5	„ „	0,7 „
„	6	„ „	0,0 „

In Textabb. 244 sind auch noch diejenigen Geschwindigkeitslinien zur Darstellung gebracht worden, welche sich mit den gleichen Anlasswiderständen auf den Steigungen von 20 ‰, 50 ‰ und 80 ‰, sowie auch beim Fahren mit einem Anhängewagen ergeben. Der Einfluss der Zugwiderstände und Massen auf die Gestaltung dieser Anfahrtslinien ist verschieden. Während die Geschwindigkeitslinie auf Steigungen von 20 ‰ bei diesen Widerständen fast völlig gleichmässige Stromstösse von Stufe zu Stufe ergiebt, zeigt die Geschwindigkeitslinie für das Anfahren auf 50 ‰ mit einem Anhängewagen, dass hier die oben gewählten Widerstände kaum noch brauchbar sind. Da indes im vorliegenden Falle nach der gemachten Annahme mit Anhängewagen auf 50 ‰ sehr selten angefahren wird und das Anfahren auf 80 ‰ umgangen werden kann, können die ermittelten Widerstände beibehalten werden. Hätte man aber stossfreies Anfahren auch auf diesen Steigungen möglich machen müssen, so wäre die Bestimmung der Widerstände für diese besonderen Fälle nach obigem Verfahren erforderlich gewesen. Als endgültige Widerstandsstufen würde man dann diejenigen der zeichnerisch ermittelten Werte herauszugreifen haben, welche die besten Durchschnittsergebnisse für alle vorkommenden Belastungsverhältnisse der Motoren liefern.

Die hier angegebene Bestimmungsweise für die Anlasswiderstände hat dadurch, dass sie sich an die thatsächlichen Vorgänge beim Anlassen von Motoren möglichst genau anlehnt, ausser der grossen Übersichtlichkeit der zeichnerischen

Darstellung, auch den Vorteil grösserer Genauigkeit gegenüber anderen Bestimmungsarten, welche nicht Rücksicht auf die Zeitdauer für die Schaltung der Stufen nehmen. Sie dürfte besonders in den Fällen mit Vorteil angewandt werden, wo grosse Motoren durch Regler mit verhältnismässig kleiner Stufenzahl anzulassen sind, oder wo die Wirkung einer bestimmten Schaltungsweise des Reglers bei gewissen Belastungsverhältnissen der Motoren zu untersuchen ist.

C. 2. Regelung und Anlassen der Wechselstrommotoren.

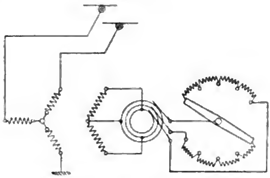
Wie unter A. 4. angegeben kommen für den unmittelbaren Antrieb eines Fahrzeuges nur Dreiphasen- oder Drehstrommotoren in Betracht. Da die Wechselstrommotoren, wie daselbst bemerkt, fast nur auf Bahnen mit eignem Bahnkörper angewandt werden, dient die Regelung mehr zur Anfahrt als zur Einstellung der Geschwindigkeiten. Ist stellenweise eine verminderte Fahrgeschwindigkeit vorgeschrieben, so lässt sich diese auch durch ein zeitweiliges Ausschalten der Motoren herbeiführen.

Die nachfolgend angeführten Regelungsarten sind zum Teile schon unter A. 4. erwähnt worden. Es bestehen zwar auch noch andere Regelungen, dieselben können aber hier übergangen werden.

2. a. Widerstandsregelung.

Die Widerstandsregelung (Textabb. 245) besteht in der Einschaltung eines Widerstandes in den Stromkreis des Läufers, also in die induzierte Wicklung und ist mit einer Verringerung des Wirkungsgrades verbunden. Die Umdrehungszahl kann wie bei der gleichen Regelungsart der Gleichstrommotoren nur verringert, nicht auch erhöht werden und ist bei jeder Belastung des Motors von Neuem einzustellen. Diese Regelungsart ist die einzige, welche einen allmählichen Übergang von einer Geschwindigkeit zur andern ermöglicht.

Abb. 245.



Widerstandsregelung eines Drehstrommotors.

Derselbe Widerstand dient, in den Läuferstromkreis geschaltet, auch zur Verminderung der bei der Anfahrt von dem mit voller Geschwindigkeit umlaufenden Drehfelde in dem ruhenden bezw. mit allmählich zunehmender Geschwindigkeit umlaufenden Läufer erzeugten, starken Induktionsströme und in Rückwirkung derselben auch der dem Ständer zugeführten Netzströme. Die Zugkraft nimmt im Verhältnisse zur Grösse des Anlasswiderstandes zu. Die Stromaufnahme des Motors wächst im Verhältnisse zur Zugkraft.

2. b. Polumschaltung.

Um die Verluste der Widerstandsregelung zu vermeiden und von der jeweiligen Belastung des Motors unabhängig zu sein, hat man die Geschwindigkeit durch Veränderung der Polzahl zu regeln versucht. Diese Regelung erfolgt nicht

allmählich, sondern sprungweise und zwar derart, dass z. B. die Geschwindigkeit eines Motors bei Umschaltung von 2 auf 4 Pole sich auf die Hälfte und von 2 auf 6 Pole auf den dritten Teil ermässigt. Man hat sich mit Rücksicht auf die Vielteiligkeit der Umschaltvorrichtungen und die Grösse der Motoren bisher mit der Umschaltung von 2 auf 4 Pole, also mit der Geschwindigkeitsänderung 2 : 1 begnügt. Die Höchstzugkraft ändert sich im umgekehrten Verhältnisse mit der Geschwindigkeit. Zwischenliegende Geschwindigkeiten sind mit Widerstandsregelung zu erreichen. Polumschaltung bei Schleifringmotoren erfordert eine Vermehrung der Schleifringe. Die Umschaltung erfolgt auf der Hochspannungsseite.

Eine Anwendung im Bahnbetriebe hat die Polumschaltung mit Rücksicht auf die erwähnten Schwierigkeiten bisher nicht gefunden.

2. c. Dreieck-Stern-Schaltung.

Das Magnetfeld kann entweder in Stern (Textabb. 228) oder in Dreieck (Textabb. 229) geschaltet werden. Die Spannungen des Ständers verhalten sich dann wie $1 : \sqrt{3}$. Es ist aber auch möglich, bei ein und demselben Motor im Betriebe von der einen Schaltung zur andern überzugehen. Man thut dies bei grossen Spannungsverlusten in der Leitung oder, um hohe Anfahrtsbeschleunigungen zu erreichen und schaltet in diesen Fällen, solange man sich unter Leitungspunkten starken Spannungsabfalles bezw. in der Anfahrt befindet, auf Dreieck. Die Dreieckschaltung ergiebt grössere Zugkräfte, dagegen geringeren Wirkungsgrad als die Sternschaltung.

2. d. Tandem- oder Kaskaden-Schaltung.

(Reihen-Einzelschaltung.)

Die sog. Tandem- oder Kaskadenschaltung entstand nach dem Vorbilde der Reihen-Nebenschaltung von Gleichstrommotoren (S. 247) zum Zwecke, zeitweilig mit verminderter Geschwindigkeit unter Vermeidung der bei Widerstandsregelung (1. d.) auftretenden Verluste fahren zu können. Durch die mit der Reihenschaltung der Ständerwicklungen zweier Drehstrommotoren und die dadurch entstehende Verminderung der Spannung des zugeführten Stromes würde indes im gleichen Verhältnisse die Stärke des Magnetfeldes und im Verhältnisse zum Quadrate der Spannung die Zugkraft vermindert werden. Auch aus diesem Grunde würde das Schalten eines Widerstandes in die Ständer- anstatt Läuferwicklung bei der unter 2. a. angegebenen Regelungsart unthunlich sein. Wenn man

Abb. 246.



Tandem- oder Kaskadenschaltung zweier Drehstrommotoren.

nun, wie in Textabb. 246 angegeben, die Läuferwicklung des einen Motors mit der Ständerwicklung des zweiten Motors verbindet und dessen Läuferwicklung in

gewöhnlicher Weise auf einen Widerstand schaltet, so stellen sich die Umdrehungszahlen beider Motoren derart ein, dass ihre Summe abzüglich der durch Schlüpfung verursachten Verluste der Polwechselzahl des Netzstromes entspricht. Es ist hierbei ohne Belang, ob die induzierenden oder induzierten Wicklungen der Motoren umlaufen. Geht man von der Tandemschaltung zur Einzelschaltung über, so stellt sich die Umdrehungsgeschwindigkeit des Motors nach der Polwechselzahl in der Stromzuführung ein.

Die Gesamtarbeitsleistung verteilt sich bei Tandemschaltung auf die Motoren ungefähr im Verhältnisse von 1 : 2. Jeder Motor arbeitet hierbei mit seiner vollen Zugkraft, aber nur halben Geschwindigkeit. Die Arbeitsleistung der Stromerzeugungsanlage übersteigt also das Regelmass nicht. Man benutzt diese Schaltung beim Anfahren und in Steigungen. Nach Abschaltung des zweiten oder sog. Sekundärmotors arbeitet der erste oder sog. Primärmotor gleichfalls mit seiner vollen Zugkraft, aber auch vollen Geschwindigkeit, sodass sich die Belastung der Stromerzeugungsanlage nicht ändert. Die Höchstzugkraft ist in der Tandemschaltung erheblich geringer als in Einzelschaltung; der Wirkungsgrad und Leistungsfaktor verschlechtern sich bei Tandemschaltung. Die Anwendung der Kaskadenschaltung blieb deshalb bisher auf wenige Fälle beschränkt, und es wird ihr fast überall die Nebeneinanderschaltung der Motoren (Textabb. 254) vorgezogen.

Die Kaskadenschaltung wurde von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, im Jahre 1893 entworfen und fand, Versuchsbahnen ausgenommen, nur auf der von Ganz & Cie., Pesth, erbauten Drehstrombahn des Valtellina-Thales (Lecco-Colico-Sondrio-Chiavenna) Anwendung. Die übrigen Wechselstrombahnen, insbesondere die von Brown, Boveri & Co., Baden, und der Maschinenfabrik Oerlikon gebauten Anlagen, arbeiten mit Nebeneinanderschaltung der Motoren und Widerstandsregelung.

C. 3. Regelung bei Speicherbetrieb.

Die zum Betriebe eines Fahrzeuges dienenden Speicher werden heute dauernd in Reihe geschaltet, sodass man mit ihrer Gesamtspannung zu rechnen hat. Die Regelung der Motoren erfolgt wie bei jeder andern Stromzuführung auf eine der unter 1. a. bis 1. d. angegebenen Arten. Ein besonderer Umschalter pflegt zwar zwecks Teilung der Speicherreihe in zwei gleiche Teile vorgesehen zu werden, jedoch nur, um bei etwaiger Beschädigung einer Zelle oder Zellenverbindung die diese Zelle einschliessende Speicherhälfte ausschalten zu können; die Fahrt kann sodann mit der andern Speicherhälfte bei halber Spannung und Fahrgeschwindigkeit bis zum nächsten Betriebsbahnhofe fortgesetzt werden. Die Regelung bei gemischtem Betriebe (Hochleitung und Speicher) geht aus Textabb. 250 hervor.

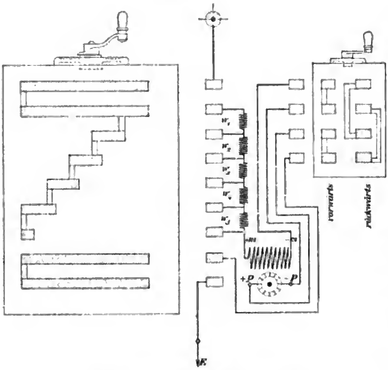
C. 4. Schaltungen.

Unter Schaltung versteht man die nach Massgabe der Regelungsart zwischen den Motoren und elektrischen Einrichtungen des Fahrzeuges vorzunehmenden elektrischen Verbindungen. Textabb. 247[1]) stellt eine Schaltung für einen Motor mit

[1]) Eisenb.-Techn. d. Gegenw. Bd. I, S. 679.

Widerstandsregelung dar; darin bedeuten P die Schleifbürsten, m die Magnetenden des Motors und w_1, w_2 . . . die Anlasswiderstandsstufen. Eine besondere Nebenwalze dient zur Umkehrung der Drehrichtung des Motors.

Abb. 247.

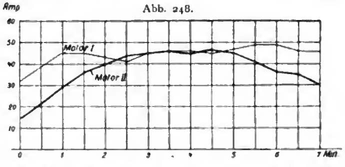


Widerstandsregelung eines Einzelmotors.

Zwei Motoren eines Fahrzeuges dürfen dauernd nicht in Reihe geschaltet werden, weil bei Beschädigung eines Motors der zweite die doppelte Spannung erhalten würde. Vorübergehend, z. B. bei Anfahrten oder zwecks starker Geschwindigkeitsverminderung, ist die Reihenschaltung zulässig (z. B. bei Reihen-Nebenschaltung S. 247), sobald die Motoren für die volle Netzspannung berechnet und im Regler Stellungen für Nebeneinanderschaltung vorgesehen sind, mit denen dann der Einzelmotor fahren kann.

Bei allen Nebeneinanderschaltungen ist zu beachten, dass die Magnetwicklungen bei der Fahrt für jeden Motor gesondert geschaltet und nicht etwa durch die Leitung a nach Textabb. 41 verbunden werden. Diese Verbindungsleitung ist wohl bei elektrodynamischer Bremsung erforderlich (S. 48), bei der Fahrt würde sie hingegen schon bei geringfügigen Verschiedenheiten der Stärke der magnetischen Felder der Motoren je nach der Motorbelastung mehr oder weniger verschiedene Stromstärken und mithin die Überlastung eines Ankers hervorrufen. Textabb. 248 stellt die Stromverbrauchslinien der Anker zweier in einem Fahrzeuge angeordneten Motoren mit der Verbindungslinie a der Magnete dar. Die Unterschiede können bei schwacher Belastung oder Felderregung sehr gross ausfallen, während sie bei Feldsättigung mehr oder weniger verschwinden.

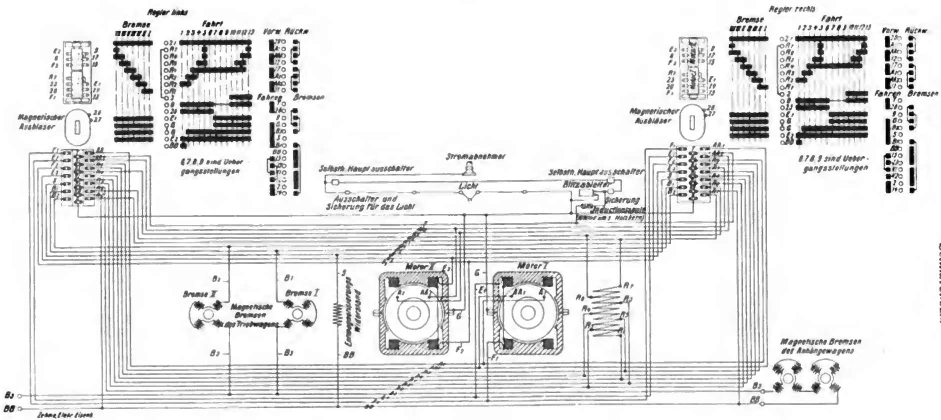
Abb. 248.

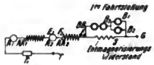


Stromverbrauch zweier Motoren eines Triebwagens nach der Schaltung in Textabb. 41.

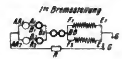
In Textabb. 249 ist die Schaltung eines Strassenbahnwagens mit 2 Gleichstrommotoren der Union E.-G., Berlin, angegeben. Die Motoren sind in Reihen-Nebenschaltung verbunden und arbeiten in elektrodynamischer Bremsung (S. 63)

Abb. 249.





Reihen-Nebenschaltung zweier Gleichstrom-Reihenmotoren. Union E.-G., Berlin.



Die mit gleicher Bezeichnung versehenen Punkte sind im Regler mit einander verbunden. 1. Fährt der mit Anschlussleitungen für magnetische Anhängewagenbremsen versehene Triebwagen ohne Anhängewagen, so sind diese Anschlussleitungen B_3, BB an einem Wagenende kurzzuschliessen. 2. Bekommt der Triebwagen keine elektrischen Bremsen, so fallen die Leitungen B_2, B_3 fort, die Anhängewagenbremsen sind an die Leitungen BB und B_1 anzuschliessen, und die beiden Klemmen B_1, B_2 am Klemmenbrette in jedem Regler kurzzuschliessen. 3. Wird der Triebwagen ohne Anschlussleitung für magnetische Anhängewagenbremse ausgeführt, so fällt die Leitung B_3 ganz fort und sind die Bremsen I und II sowie der Widerstand S an die Leitung BB anzuschliessen.

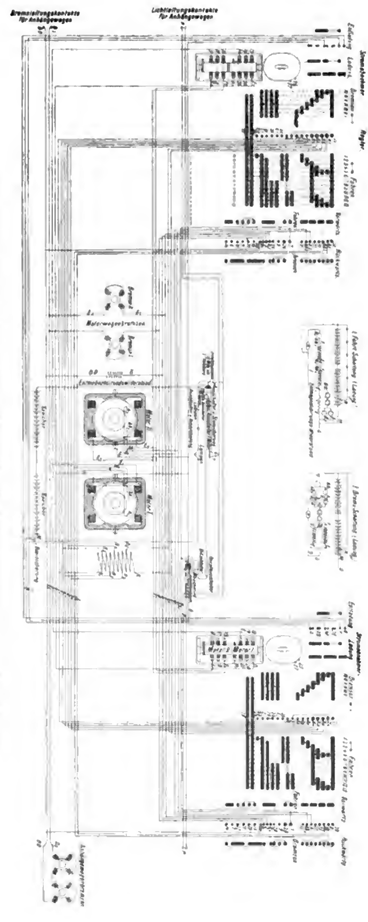


Abb. 250.

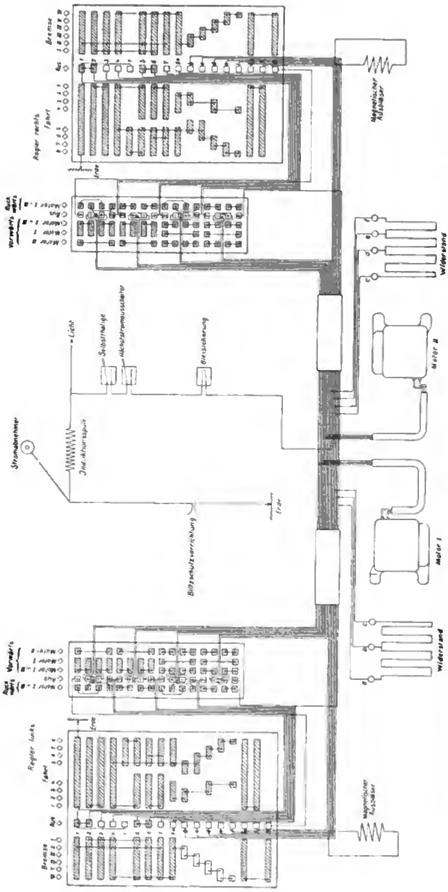
Reihen-Nebenschaltung zweier Gleichstrom-Reihenmotoren mit gemischtem Betriebe. Union E.-G., Berlin.

auf die magnetischen Bremsen des Triebwagens und etwa angekuppelten Anhängewagens. Sowohl Vor- und Rückwärtsfahrt, als auch Fahrt und Bremsung sind mittels gesonderter Handhebel und Walzen einzustellen. Auf jeder Plattform befindet sich über dem Führerstande ein selbstthätiger Hauptausschalter. Die Motoren können bei Beschädigungen nach Öffnung des Reglers durch eine Sonderwalze einzeln ausgeschaltet werden. Die Regler besitzen magnetische Funkenlöschung (Textabb. 264 und 275).

Textabb. 250 stellt die gleiche Schaltung, jedoch für gemischten Betrieb (Hochleitung und Speicher) dar, wie solcher z. B. bei Fabriksbahnen mit beschränkter Ausführbarkeit der Hochleitung angewandt wird. Die Regler besitzen ausser den vorstehend genannten Einrichtungen noch einen Drehschalter für Ladung und Entladung.

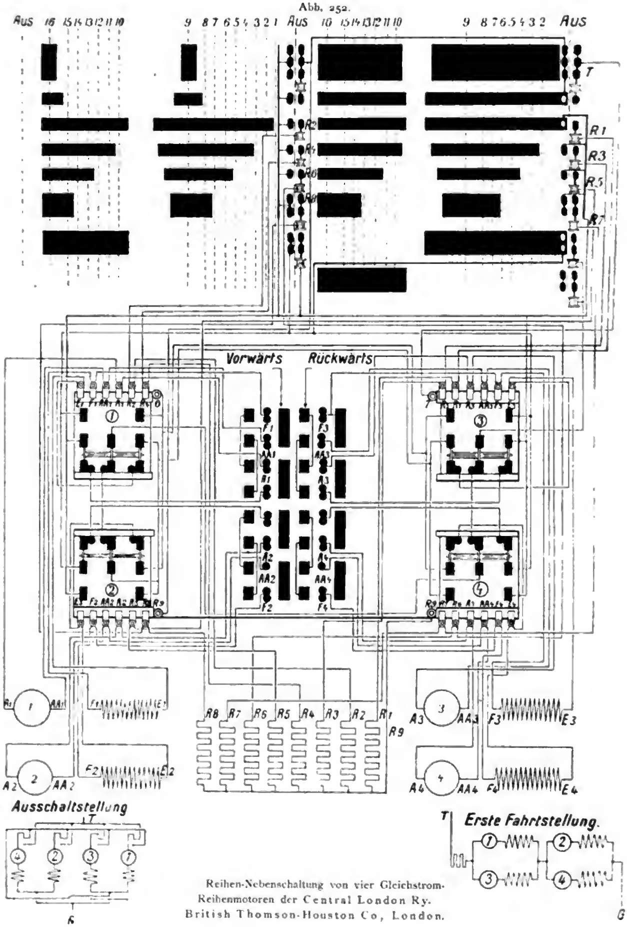
Textabb. 251 giebt die Reihen-Nebenschaltung zweier Gleichstrommotoren der E.-A. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg, an. Bei derselben kann die elektrodynamische und magnetische Bremsung mit der Hauptwalze selbst, ohne Einstellung einer Nebenwalze, geschaltet werden.

Abb. 251.



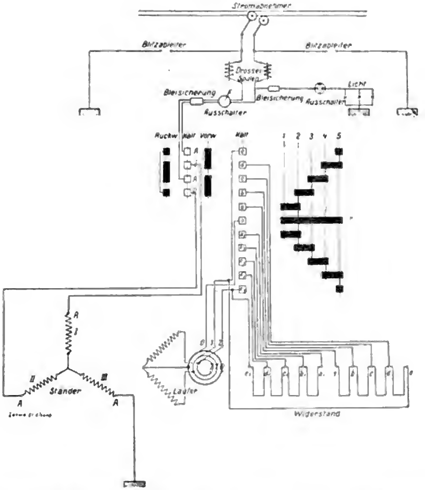
Reihen-Nebenschaltung zweier Gleichstrom-Reihenmotoren mit Motorausschaltung von oben. E.-A. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg.

Abb. 252.



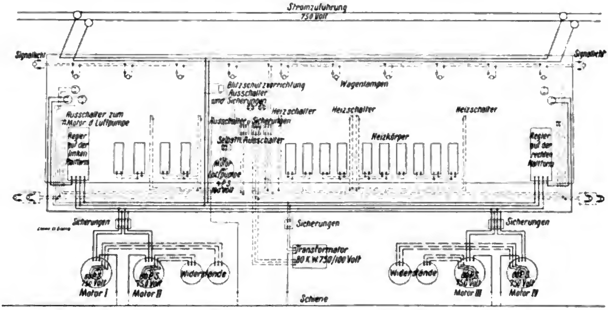
Reihen-Nebenschaltung von vier Gleichstrom-Reihenmotoren der Central London Ry.
British Thomson-Houston Co, London.

Abb. 253.



Widerstandsregelung eines Drehstrom-Einzelmotors. E.-A. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg.

Abb. 254.



Widerstandsregelung von 4 nebeneinander geschalteten Drehstrommotoren der Nebenbahn Burgdorf-Thun. Brown, Boveri & Co., Baden.

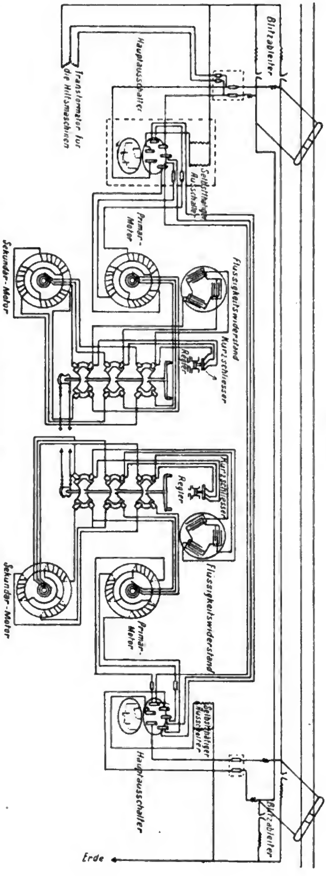


Abb. 255.

Reihen-Einzelschaltung von 2 Motorgruppen der Valtellina-Bahn. Ganz & Cie., Pesth.

Ausserdem sind die beiden Motoren bei Beschädigungen mittels des Rückschalthebels am geschlossenen Regler einzeln ausschaltbar. Dies erleichtert dem Wagenführer wesentlich die Auffindung eines Fehlers während der Fahrt, indem jener die Motoren nacheinander einzeln ausschaltet und jeweils mit dem zweiten allein die Fahrt fortzusetzen versucht.

Textabb. 252 veranschaulicht die Schaltung von 4 Gleichstrommotoren (Textabb. 223) der British Thomson-Houston Co., London. Die Schaltung ist u. A. bei den Lokomotiven der London Central Ry. (Textabb. 156) zur Anwendung gekommen; der zugehörige Regler ist in Textabb. 276 dargestellt. Die Motoren sind zu je 2 dauernd nebeneinander und ihre Gruppen in Reihen-Nebenschaltung geschaltet. Die Reglerwalze ist je zur Hälfte mit einem Belage versehen, und es werden die aufeinander folgenden Schaltstufen abwechselnd auf den Beläghälften eingestellt. Dadurch konnte die Walze erheblich kürzer als bei gewöhnlicher Ausführung nach Textabb. 249 bis 251 gebaut werden. Die Schleifbürsten, welche grosse Stromstärken führen, sind doppelt bzw. dreifach untereinander gesetzt. Die Motoren werden beim Uebergange von der Reihen- zur Nebenschaltung gänzlich ausgeschaltet.

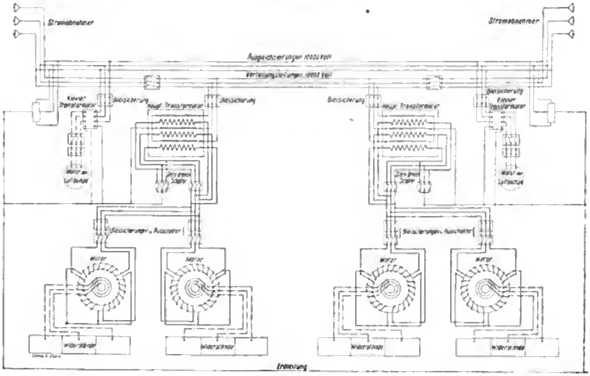
Die dauernde Hintereinanderschaltung zweier Motoren wäre hier ausführbar, würde aber

zu grossen Stromstärken in den Motoren führen, weil jeder Motor nur die halbe Netzspannung erhielte.

Textabb. 253 stellt die Schaltung einer Lokomotive mit einem Drehstrommotor (Textabb. 230) der E.-A. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg, mit Widerstandsregelung im zweiphasigen Läufer dar. Spannung des Netzstromes 350 Volt. Zwei Phasen in der oberirdischen Stromzuführung, die dritte an Erde.

Textabb. 254 giebt die Schaltung von 4 Drehstrommotoren von Brown, Boveri & Cie., Baden, mit je 72 kg Zugkraft am Hebelarme 1 m der Motorachse wieder, wie sie bei den Triebwagen der Nebenbahn Burgdorf-Thun zur Ausführung gekommen ist. Die Motoren liegen nebeneinander an der Stromzuführung, deren dritte Phase an Erde liegt; Regelung durch Widerstand im Läufer-

Abb. 256.



Widerstands- und Dreieck-Sternschaltung von 4 nebeneinander geschalteten Motoren der Versuchsbahn Berlin-Zossen. Siemens & Halske, A.-G. Berlin.

stromkreise. Netzspannung 750 Volt. Ein Sondermotor dient zum Antriebe der Luftpumpe für die Westinghouse-Bremse. Das Abstellen der Luftpumpe sollte durch einen besonderen Schalter selbstthätig erfolgen, wird aber wegen der an letzterem auftretenden Störungen mittels Handausschalters bewirkt. Elektrische Heizung und durchgehende Lichtleitung für die Anhängewagen.

Die Reihen-Einzelschaltung (Kaskaden- oder Tandemschaltung) wird durch Textabb. 255[1]) dargestellt. Hiernach werden die 4 Motoren der von Ganz & Cie., Pesth, erbauten Triebwagen[2]) der Valtellinabahn geschaltet (S. 257). Die Netzspannung beträgt 3000 Volt und wird unmittelbar an die Ständerwicklung gelegt. Die Hilfsmaschinen erhalten durch einen Umsetzer verringerte Spannung.

[1]) Il Politecnico, Vol. XLIX.

[2]) Siehe diese in der Zeitschr. d. Oest. Ing. u. Arch.-Vereins 1901, Nr. 21.

Textabb. 256 zeigt eine Schaltung, welche der in Textabb. 254 angegebenen mit dem Unterschiede ähnlich ist, dass die Ständerwicklung in Dreieck-Stern (S. 256) geschaltet werden kann und die Netzspannung von 10000 Volt durch einen Umsetzer in 1150 bezw. 1850 Volt vor Einführung der Leitung in die Ständerwicklung verringert wird. Diese Schaltung kam bei dem von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, ausgerüsteten Versuchswagen der Strecke Berlin-Zossen zur Ausführung.

C. 5. Zugregelungen.

Die unmittelbare Regelung von 2 oder 4 Motoren durch einen Regler ist nur in den Fällen vorteilhaft, wo sich die sämtlichen Motoren in einem einzigen Fahrzeuge befinden. Sind sie dagegen in zwei oder mehreren, aneinander gekuppelten oder mit Anhängewagen in beliebiger Reihenfolge zu einem Zuge zusammengestellten Triebwagen unterbracht, so erfordert die unmittelbare Regelung die Verbindung aller Triebwagen durch die volle Anzahl der für die Gesamtleistung der Motoren zu bemessenden Leitungskabel. Sind ausserdem mehrere Führerstände im Zuge, z. B. je einer an den Enden, vorgesehen, oder erhält jeder Triebwagen zwecks grösserer Beweglichkeit in der Zusammensetzung eines Zuges einen oder zwei Führerstände, so sind auch alle Regler und elektrischen Vorrichtungen des Zuges für die grösstmögliche Anzahl von Motoren im Zuge einzurichten. Daraus ergeben sich schwere und teure Ausführungen der Regler, Leitungen, Ausschalter u. s. w.; die Kabelkuppelungen sind schwierig zu bedienen.

Die gesonderte Regelung jedes Triebwagens in einem Triebwagenzuge erfordert an sich keine von einem Einzelwagen abweichende Einrichtung, es sei denn irgend eine Vorrichtung zur Verständigung der Führer untereinander. Dagegen verursacht sie höhere Bedienungskosten und trotz aller Vorsicht und gegenseitigen Verständigung der Führer unregelmässige Motorbelastungen. Sie kann deshalb nur in aussergewöhnlichen Betriebsfällen zu vorübergehender Anwendung gelangen. Die Drehstrombahn Burgdorf-Thun sowie die Isarthalbahn machen bei Einstellung zweier Triebwagen in einen Zug von dieser getrennten Regelung Gebrauch. Zwecks Schonung der Zugvorrichtungen wird zuerst der hintere Triebwagen eingeschaltet und sofort nach Wahrnehmung des Anzuges darauf der vordere.

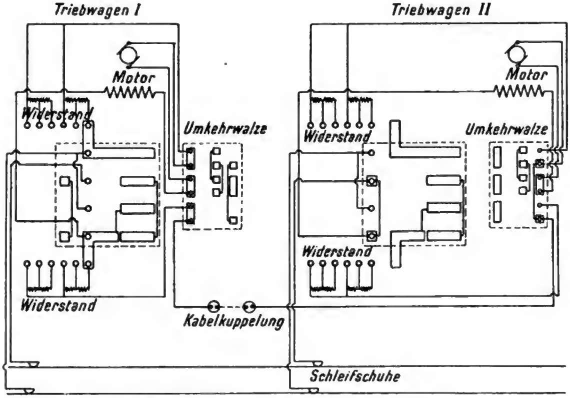
Die von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, in dem elektrischen Probezuge der Wannseebahn und auf der elektrischen Hoch- und Untergrundbahn Berlin eingerichtete Zugschaltung[1]) (Textabb. 257) vermeidet zwar die Überführung aller Motorkabel von Wagen zu Wagen, auch sind die Regler nur für die Stärke der Motoren eines Wagens bemessen, dagegen sind die Widerstände in jedem Triebwagen für die Motoren des ganzen Zuges auszuführen und ist die Schaltung für mehr als 2 Motorgruppen oder Triebwagen im Zuge nicht brauchbar. Ausserdem sind je 2 oder mehr Motoren ständig nebeneinander zu schalten und ist Rückfahrt und elektrische Bremsung vom zweiten Triebwagen aus unmöglich. Diese Regelung ist daher für elektrische Züge mit beliebiger Wagenzahl nicht geeignet. Auf der Berliner Hoch- und Untergrundbahn wurde inzwischen eine der nachbeschriebenen Zugregelungen eingeführt.

---

[1]) S. auch Elektrotechn. Zeitschr. 1902, S. 127.

Zur Vermeidung der mit der unmittelbaren Regelung mehrerer Triebwagen von einem Regler aus verbundenen Übelstände dienen die Zugregelungen oder mittelbaren Steuerungen, die auf dem Grundsatze beruhen, jeden Triebwagen mit einem nur für seine Motoren genügenden Regler nebst sonstigen Einrichtungen auszurüsten und alle Regler des Zuges durch besondere, an jedem Führerstande anzuordnende und untereinander in Verbindung stehende Führerregler in Bewegung zu setzen, welche letzteren irgend eine unmittelbare Schaltung an den Motoren nicht

Abb. 257.



Regelung zweier Triebwagen. Siemens & Halske, A.-G., Berlin.

mehr bewirken. Der Zug setzt sich also aus elektrisch völlig gleichen Elementen zusammen, und es hat aus diesem Grunde die Regelungsart in den V.-St. Nordamerikas von den dortigen, diese Art Regelung zuerst (1896) anwendenden Bauanstalten den Namen Multiple-Unit (Vielfache Einheit) System erhalten. Es ist also bei Zugregelungen möglich, alle Regler und mithin Motoren des Zuges von jedem Führerstande aus unabhängig von der Wagenzahl und Zusammenstellung des Zuges zu schalten. Als Hilfsmittel des Antriebes der Betriebsregler durch den Führerregler dienen Elektrizität oder Druckluft. Mechanischer Antrieb ist unbrauchbar. Der elektrische Antrieb von der Stromzuführung aus ist scheinbar vorzuziehen, weil er eine im Wagen einmal vorhandene Kraft benutzt; dagegen sprechen die hohe Spannung, für welche die Magnete zu wickeln sind oder die zur Vermeidung derselben dienenden Vorschaltwiderstände, die in jedem Wagen den veränderlichen Magnetwiderständen entsprechend vorzuschalten sind, sowie die Unmöglichkeit, bei Stromunterbrechungen die elektrischen oder magnetischen Bremsen einzuschalten, es sei denn,

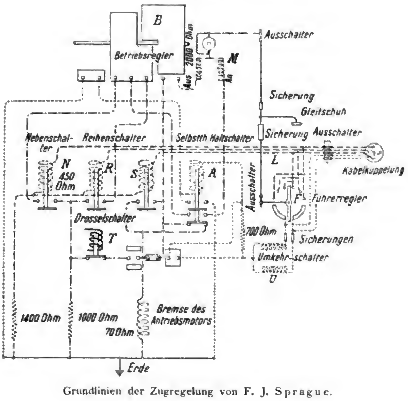
dass man die Umschalter in der Bremsstellung ruhen lässt und mit Strom in die Fahrtstellungen zieht, was aber, wenn gewisse Kurzschlüsse bei Widereinschalten auf Vorwärtsfahrt und Ausbleiben des Betriebsstromes vermieden werden sollen, die Hinzunahme weiterer Leitungen im Zuge erfordert. Druckluftantrieb arbeitet trotz der nicht einfachen Einzelteile mit grösserer Kraft und Genauigkeit und ist vom Netzstrome unabhängig; dagegen erfordert er eine sorgsame Pflege. Werden die Ventile elektromagnetisch geöffnet, so genügt hierfür eine kleine Speicherreihe.

Von der nicht unbeträchtlichen Anzahl der heute bestehenden, jedoch nur teilweise ausprobierten oder im Betriebe befindlichen Zugregelungen seien die nachfolgenden angeführt.

5. a. Zugregelung von F. J. Sprague und G. H. Hill.

F. J. Sprague gab zuerst eine brauchbare Zugregelung an (1896), nachdem er bereits im Jahre 1888 den Gedanken der gemeinschaftlichen Regelung aller Motoren eines aus Triebwagen zusammengesetzten Zuges durch einen einzigen Regler aus-

Abb. 258.



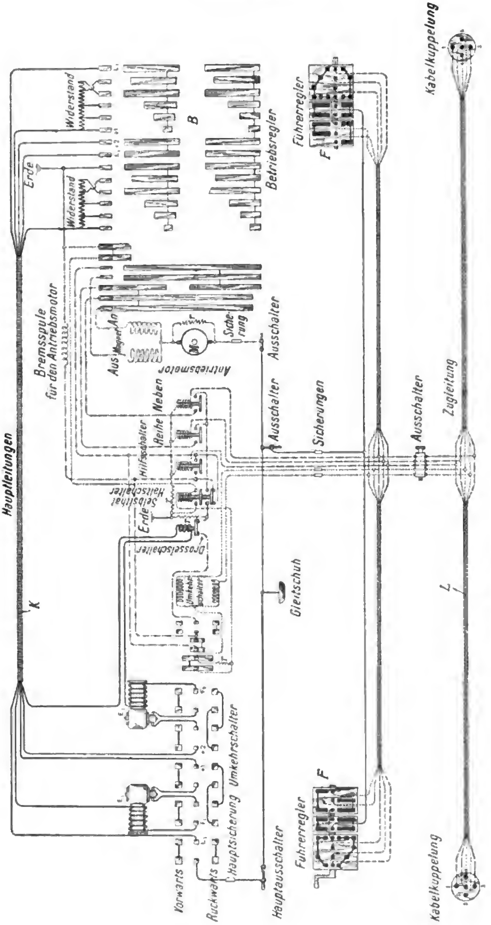
Grundlinien der Zugregelung von F. J. Sprague.

gesprochen hatte. Im Jahre 1901 waren in den V.-St. Nordamerikas 299 Triebwagen mit der Regelung Sprague, 24 mit der von Westinghouse und 6 mit der der General Electric Co. im Betriebe[1]).

Die Zugregelung Sprague (Textabb. 258 und 259) beruht darauf, dass der in jedem Triebwagen befindliche Betriebsregler B einen kleinen Antriebsmotor M

[1]) Street Ry. Journal, Vol. XVII, Nr. 5.

Abb. 259.



Schaltung eines Triebwagens mit der Zugregelung von F. J. Sprague.

erhält. Diese Motoren M aller Betriebsregler des Zuges können durch einen der auf den Führerständen des Zuges befindlichen, kleinen Führerregler F mittels elektromagnetischer Schalter in und ausser Thätigkeit gesetzt werden. Zu diesem Zwecke sind durch den ganzen Zug 5 elektrische Leitungen L von schwachem Querschnitte gezogen, während die starken Betriebskabel K, sowie überhaupt der Betriebsstrom der Wagenmotoren in keinerlei Verbindung mit den Schalterleitungen stehen und auch nicht von einem Wagen zum andern geleitet werden.

Der Führerregler besitzt 3 Stellungen: Die Haltstellung, die Vorwärtsfahrt und die Rückwärtsfahrt. Die Vorwärtsfahrt enthält ihrerseits wieder eine Nullstellung, sodann die Reihenschaltung und endlich die Nebeneinanderschaltung der Motoren, die Rückwärtsfahrt dagegen nur die zwei ersten der vorgenannten Schaltungen.

Durch die Drehung der Schaltkurbel des Führerreglers auf Vorwärtsfahrt wird der Umkehrschalter U auf Vorwärts gedreht, der Reihenschalter R eingestellt und der selbstthätige Haltschalter auf Einschaltung des Motors gestellt. Der Antriebsmotor M setzt darauf den Betriebsregler unter Einwirkung einer stark federnden Kuppelung und einer Sperrscheibe mit Klinke von Stufe zu Stufe in Drehung. Diese Drehung kann durch Bewegung der Führerkurbel auf die letzte Stellung bis zur Nebeneinanderschaltung der Wagenmotoren fortgesetzt werden. Die Ausschaltung der Motoren wird dadurch bewirkt, dass man die Führerkurbel sich selbst überlässt, worauf sie durch eine Feder auf die Nullstellung zurückgedreht und der Antriebsmotor durch den Schalter S zum Rücklaufe geschaltet wird. Ein besonderer Schalter T dient zur selbstthätigen elektromagnetischen Bremsung des Antriebsmotors bei übermässig hohen Stromstärken in den Motorleitungen. Die besonderen Schaltungen zur gegenseitigen Sicherung aller Bewegungen gehen aus der Schaltung Textabb. 259 hervor.

In ähnlicher Weise arbeitet eine von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, entworfene Zugregelung[1]).

Auch eine von der Union E.-G., Berlin, angegebene Zugregelung[2]) sieht einen kleinen Antriebsmotor für jeden Betriebsregler vor. Die Einschaltung desselben erfolgt durch elektromagnetische Kuppelungen und zwar je eine für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt sowie für Fahrt und elektrische Bremse. Die diese Einrückvorrichtungen bethätigenden Ströme dienen gleichzeitig zur Speisung des Hilfsmotors.

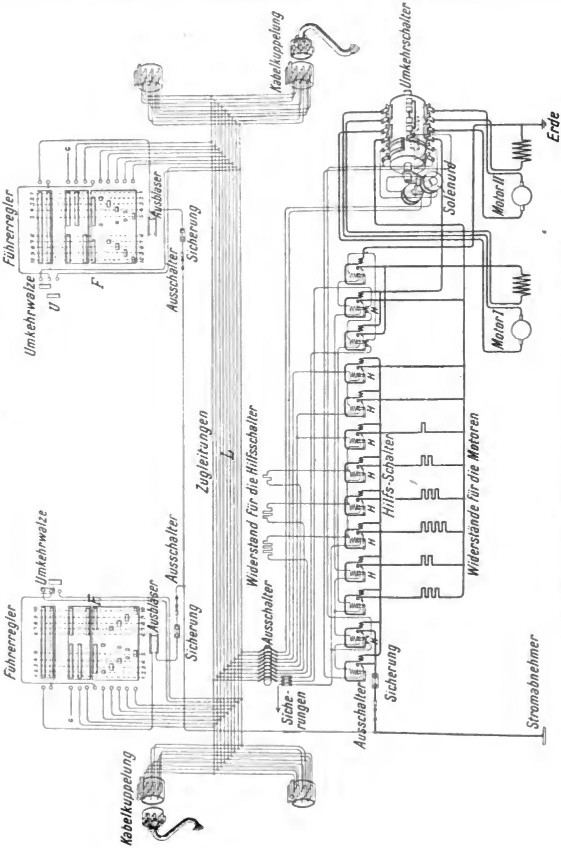
5. b. Zugregelung der General Electric Co., Schenectady.

Die Zugregelung der General Electric Co. (Textabb. 260)[3]) beruht auf der unmittelbaren Herstellung der gewünschten Stromschlüsse mittels einzelner, durch vom Führerregler F eingeschaltete Leitungen L erregter, elektromagnetischer Hilfsschalter H. Der Führerregler besitzt eine Umkehrkurbel U und Hauptkurbel und es kann erstere nicht gedreht werden, wenn letztere nicht in der Null-Stellung steht oder, wenn Strom in der Hauptleitung ist. 13 Hilfsschalter H bilden den Betriebsregler und erhalten ihren Strom von der Hauptleitung. Da die Anzahl der gleichzeitig erregten

[1]) D.R.P. 104940. Kl. 20, Abt. II.
[2]) D.R.P. 114048. Kl. 20, Abt. II.
[3]) Traction and Transmission, London, Vol. I, Nr. 1.

Schalter und damit auch der Widerstand des Erregerstromkreises sich ändern, sind besondere Vorrichtungen zur Einschaltung entsprechender Ersatzwiderstände erforder-

Abb. 260.



Schaltung der Zugregelung der General Electric Co. Schenectady.

lich. Der Führerregler ist dem gewöhnlichen Strassenbahnregler der General Electric Co. ähnlich und besitzt zur Funkenlöschung auch einen magnetischen Ausbläser (S. 277); ein solcher ist auch an jedem Hilfsschalter angeordnet.

Alle sonst zur Sicherung der einzelnen Schaltungsstufen vorgesehenen Einrichtungen sind in Textabb. 260 angegeben.

5. c. Zugregelung der Westinghouse El. & Man. Co., Pittsburg.

Die Zugregelung der Westinghouse El. & Man. Co. benutzt Druckluft zur Bewegung der Reglerwalzen. Die Luftventile werden elektromagnetisch gesteuert. Jeder Triebwagen besitzt seinen eignen Luftbehälter, der von der durchgehenden Leitung der Luftdruckbremse gefüllt wird. Die Erregeströme der Ventilmagnete werden einer Speicherreihe entnommen und durch den Führerregler eingeschaltet. Die Spannung beträgt 7 Volt, die Stromstärke für einen Magneten 0,05 Amp. Das Wiederaufladen der in jedem Triebwagen befindlichen Speicherreihe erfolgt während der Fahrt. Die Drehung der Hauptwalze des Betriebsreglers ist von der vorlaufenden Einstellung der Fahrtrichtungswalze abhängig.

Die Bewegungen werden mittels Luftzylinder, Luftkolben, Sperrklinken und Sperräder bewirkt. Einem jeden Hube des Hauptzylinders entspricht die Fortrückung des Sperrades um einen Zahn und der Reglerwalze um eine Schaltstufe. Das Ausschalten dieser Walze erfolgt mittels eines gesonderten Zylinders mit Zahnstange in einem einzigen Zuge. Mit jedem Lufteinlasse im Treibzylinder wird ein die Bewegung genau begrenzender Anschlag vorgeschoben.

Nach Einstellung der Fahrtrichtungswalze, die in jeder Richtung durch einen gesonderten Luftzylinder erfolgt, bringt der Führer die Reglerkurbel in einem Zuge auf die Stellung, in der er zu fahren wünscht; die Walzen der Betriebsregler werden dadurch in gleichmässiger Zeitfolge gleichzeitig von einer Schaltstufe zur nächsten, bis zu der im Führerregler eingestellten Stufe selbstthätig fortgerückt. Sollen indes die Betriebsregler auf einer bestimmten Stufe stehen bleiben, so geht der Führer mit seiner Kurbel, ähnlich wie bei der Luftdruckbremse, auf den sog. neutralen Punkt zurück. Hierbei ist es wie bei den vorgenannten Zugregelungen immer notwendig, dass die Führerkurbel in ihrer jeweiligen Stellung festgehalten wird. Durch Loslassen derselben erfolgt Ausschaltung.

Luftdruckbremse und Zugregelung sind derart miteinander verbunden, dass der Anzug der Bremse die Ausschaltung des Stromes zur Folge hat.

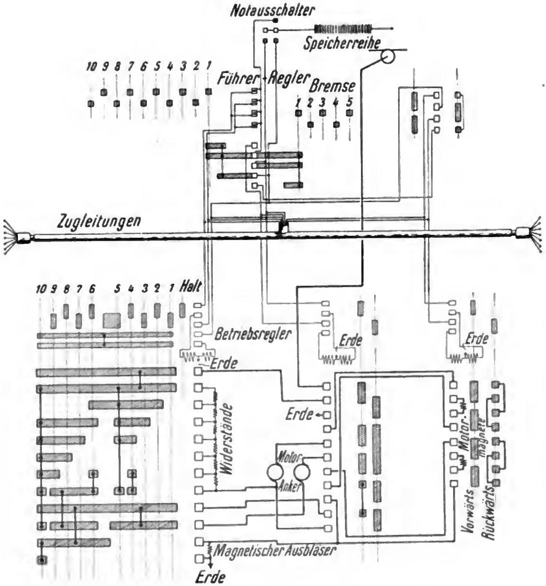
5. d. Zugregelung der E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg.

Die Zugregelung von Schuckert, Nürnberg, wirkt gleichfalls durch Druckluft. Sie ist jedoch insofern bemerkenswert, als das Spiel der Ventile, welche die Druckzylinder der Reglerwalzen steuern, in Abhängigkeit von der Bewegung der Walzen selbst gebracht ist. Die elektromagnetisch gehobenen Ventile können sich infolgedessen erst schliessen, wenn die entsprechende Reglerbewegung vollendet ist. Dies wird einmal durch Ausschaltung des Erregestromes des Ventilmagneten auf der Reglerwalze selbst und sodann durch Leitung der Abluft des Druckzylinders hinter

das Ventil erreicht. Hierdurch lassen sich auch verschieden grosse Wege zwischen einzelnen Schaltstufen erreichen.

Textabb. 261 stellt diese von R. Mauermann angegebene Zugregelung für Fahrzeuge mit je 2 Motoren, Reihen-Nebenschaltung, Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, elektrischer Bremsung in jeder Fahrtrichtung und Notausschaltung dar. Die elektrische

Abb. 261.



Zugregelung der E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg.

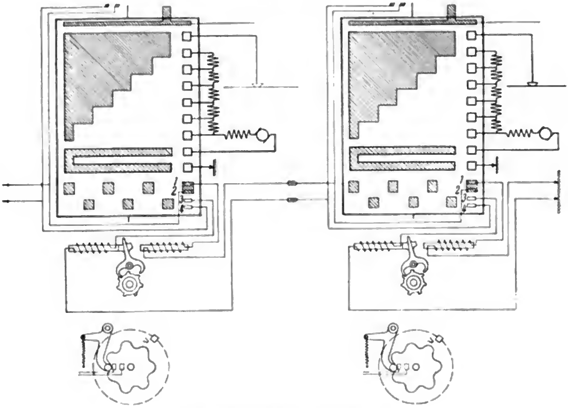
Bremse kann auch bei Stromunterbrechung in der Hauptleitung eingeschaltet werden, da die betreffenden Ventilmagnete durch eine kleine Speicherreihe erregt werden.

Es ist an jedem Triebwagen ein dreiteiliger Betriebsregler angeordnet und zwar links für Widerstands- und Reihen-Nebenschaltung, in der Mitte für Fahrt und elektrische Bremse und rechts für die Fahrtrichtung. Der mittlere Schalter dient zugleich als Notausschalter und kann von jeder beliebigen Stelle des Zuges aus zur Wirkung gebracht werden. Auf jedem Führerstande befindet sich ein Führer regler, welcher die übliche Form eines Strassenbahnreglers besitzt.

5. e. Zugregelung mit auslösender Hemmung.

Die Zugregelungen mit auslösender Hemmung beruhen darauf, dass die Reglerwalzen durch irgend ein Mittel, z. B. Druckluft oder Elektrizität, dauernd angetrieben, aber durch ein elektromagnetisch ausgelöstes Hemmwerk von einer Schaltstufe zur anderen bewegt werden. Derartige Regelungen wurden von S. H. Short und C. Zehme angegeben. Letztere ist in Textabb. 262 dargestellt und unterscheidet

Abb. 262.



Zugregelung mit auslösender Hemmung.

sich von andern Zugregelungen dadurch, dass vom Führer das Zurückbleiben irgend eines Betriebsreglers im Zuge sofort wahrgenommen werden und der betreffende Wagen dann ausgeschaltet werden kann. Die Zugleitungen zur Erregung der Klinkenmagnete sind in diesem Falle bei 1, 2 oder 3, 4 unterbrochen. Die Zugregelung von S. H. Short benutzt als Erregeströme die in einem kleinen Gleichstromumsetzer (500 Volt auf 50 Volt) erzeugten Niederspannungsströme.

II. D. Schaltvorrichtungen und Leitungen.

D. 1. Regler.

Allgemeines. Der Regler (Regulator, Fahrschalter, Controller) dient zur Herstellung der für die Anfahrt und Geschwindigkeitsregelung erforderlichen Schaltungen. Alle Vorrichtungen dieser Art beruhen darauf, dass die untereinander in

verschiedener Weise zu verbindenden Teile, wie Motorbürsten, Magnetspulen, Widerstandsgruppen, an einen Ort zusammengeführt und daselbst durch Schleifbürsten, Stromschlussplatten oder ähnliche Körper in der verlangten Weise verbunden werden. Während man früher die zu verbindenden Stromschlusstücke auf einer ebenen Fläche, einer Platte aus isolierendem Stoffe, anordnete und sie durch vor der Platte schwingende Hebel, welche über jene schleiften, in gewünschter Weise verband, stellt man heute die zu verbindenden Stücke in Form von Schleiffedern oder gefederten Hebeln senkrecht untereinander und lässt unter ihnen die auf dem Umfange einer Walze aus Isolationsstoff angebrachten Metallringe schleifen, die zufolge ihrer eigenartigen Formen die Verbindungen unter den mit Motor, Magnet u. s. w. verbundenen Teilen herstellen.

Ausführung. Textabb. 247 lässt die Grundform aller zeitgemässen Regler erkennen. Die Hauptbestandteile derselben sind die Schleifbürsten oder Schleifhebel und der Walzenbelag. Es liegt nun an der Geschicklichkeit des Zeichners, die Bürsten so anzuordnen, dass ihre Anzahl möglichst gering ausfällt, dass sich ein einfacher Walzenbelag ergiebt, nebeneinander liegende Bürsten keine hohen Spannungsunterschiede erhalten und die Lichtbogen beim Aus- und Einschalten auf ein Mindestmass herabgedrückt werden. Man hat verschiedene Mittel zur schnellen Unterdrückung der beim Ausschalten, insbesondere aller Verbindungen beim Übergange in die Haltstellung, auftretenden Lichtbogen angewandt. Diese Lichtbogen, welche sich beim Öffnen eines Stromkreises zeigen, entstehen durch den schon bei der Darstellung der Wirkungsweise des Motors erwähnten Induktionsvorgang. Um jeden Leiter herum bildet sich ein magnetisches Feld (Textabb. 185), veranschaulicht durch die den Leiter umkreisenden Kraftlinien. Wird der Strom im ruhenden Leiter plötzlich unterbrochen, erfährt also das magnetische Feld eine Änderung seines Beharrungszustandes, derzufolge es hier allmählich bis Null abnimmt, so entsteht in dem Leiter sofort ein Induktionsstrom, der sog. Strom der Selbstinduktion, dessen Spannung um so höher ist, je stärker das Feld und je grösser die Windungszahl ist. Bei durch Eisenmassen verstärkten Magnetfeldern, also Elektromagneten, tritt diese Induktionserscheinung und mithin der Lichtbogen besonders stark auf, weil die Kraftliniendichte gross ist und das Feld zufolge der Hysteresis langsam abnimmt.

Die Mittel, welche man bei Reglern zur schnellen Beseitigung der Lichtbogen anwendet, bestehen in:

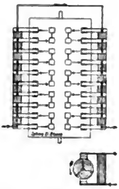
- Vielfacher, gleichzeitiger Unterteilung des Lichtbogens in hintereinander geschaltete Lichtbogen;
- Kurzschluss des Stromkreises, an dessen Unterbrechungsstelle die Lichtbogen auftreten;
- Magnetischer Ausblasung.

Das erste Verfahren, die vielfache, gleichzeitige Unterteilung des Lichtbogens in hintereinander geschaltete Lichtbogen, liegt, wenn auch in geringem Umfange, jedem Regler oben beschriebener Art zu Grunde, indem der zwischen den Schleifbürsten und dem Walzenbelage schlangenförmig ein- und austretende Strom (vgl. Textabb. 247) bei der Drehung der Walze an mehreren Stellen gleichzeitig

unterbrochen wird. S. H. Short steigerte nun diesen Vorgang mittels einer in Textabb. 263 in ihrem Wesen veranschaulichten, besonderen Unterbrecherwalze, die vor der schliesslichen Ausschaltung der Hauptwalze durch diese letztere selbst schnell um einen bestimmten Betrag gedreht wurde und dadurch den Lichtbogen in eine ansehnliche Anzahl von hintereinander geschalteten Einzellichtbogen zerteilte. Diese Anordnung wirkt zufriedenstellend, bedingt aber eine vielteilige Einrichtung.

Das zweite Verfahren, Kurzschluss des Stromkreises, an dessen Unterbrechungsstelle der Lichtbogen auftritt, wurde an Bahnreglern von O. v. Goeben im Jahre 1895 angegeben und seit dieser Zeit von der E.-A. vormals Schuckert und Co., Nürnberg, angewandt. Es besteht darin, dass die im Regler mit den Enden der Magnetwicklungen verbundenen Schleifbürsten in der Haltstellung durch einen zu dem Zwecke vorgesehenen Walzenbelagstreifen kurz geschlossen werden (Textabb. 251). Da dieser Kurzschluss indes nur an dem jeweils gehandhabten Regler eines Fahrzeuges und nicht auch an dem auf einem zweiten Führerstande des Fahrzeuges befindlichen Regler hergestellt werden darf, so ist über die Haltstellung hinaus noch eine Nullstellung erforderlich, in der allein die Reglerkurbel herausziehbar sein darf. Die Haltstellung ist am Sperrwerke der Walze, das zur Angabe und genauen Einstellung jeder einzelnen Schaltstufe dient, in besonders fühlbarer Weise zu markieren, da die ungewollte Drehung der Kurbel über die Halt- (Kurzschluss-) Stellung hinaus auf Null den Kurzschluss der Magnete wieder aufheben und den Unterbrechungslichtbogen wieder von neuem hervorrufen würde. Versuche haben gezeigt, dass dies infolge der Hysteresis selbst nach sekundenlanger Ruhe auf der Kurzschlusstellung noch eintritt.

Abb. 263.



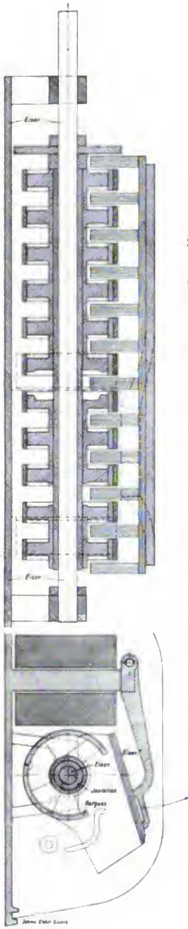
Unterteilung des Lichtbogens.

Das dritte Verfahren der Beseitigung der Lichtbogen besteht in der sog. magnetischen Ausblasung. Dieselbe beruht auf dem gewöhnlichen Induktionsvorgange, welcher zwischen einem Magnetfelde, einem in demselben quer zur Richtung der Kraftlinien beweglich gelagerten Leiter und einem im letzteren fliessenden Strome herrscht (S. 197). Leiter und Strom werden durch den Lichtbogen vertreten; derselbe giebt also im Magnetfelde ähnlich einem um den Anker gewickelten Leiter nach, bis er erlischt. Dieses Verfahren wurde im Jahre 1889 von Elihu Thomson, Lynn, Mass. angegeben und in den Reglern der Thomson-Houston Co. angewandt. Es gelangte später, seit dem Jahre 1894, infolge seiner Einfachheit und guten Wirkung auch in Deutschland zur allgemeinen Anwendung. Die Wirkung richtet sich nach der Stärke des „Blasmagneten“ oder „Ausbläsers“ und kann bis zu explosionsartiger Unterbrechung des Lichtbogens gesteigert werden. Eine nachteilige Wirkung der dadurch hervorgerufenen Selbstinduktion auf die Isolation der Magnetwicklungen des Motors ist bisher nicht festgestellt worden.

Die Anordnung des Blasmagneten ist in mannigfacher Weise durchgeführt worden. Textabb. 264 stellt die Bauart der General Electric Co. (Thomson) dar. An dem die Kraftlinien zum Walzenkerne hinüberführenden Ankerjoche sind zugleich die zur Trennung der Lichtbogen dienenden Fächerplatten befestigt, und es kann

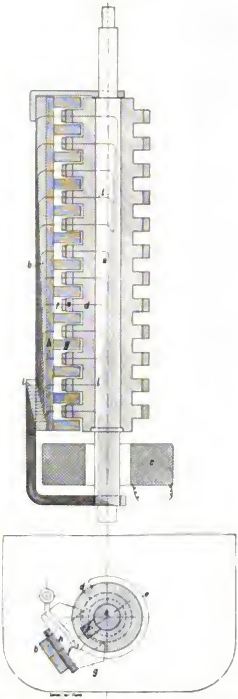
das Ganze zwecks Untersuchung der Bürsten und Walzenringe um Drehglieder herausgeklappt werden. Textabb. 265 giebt die Bauart Schuckert, Nürnberg an. Die Magnetspule c ist auf der Walzenachse a selbst angebracht. Die Kraftlinien l werden durch die letztere und ein vor ihr stehendes

Abb. 264.



Anordnung des Blasmagneten nach Thomson-Houston (General Electric Co.). M. 1 : 6.

Abb. 265.



Anordnung des Blasmagneten nach E. A. v. Schuckert & Co., Nürnberg. M. 1 : 6.

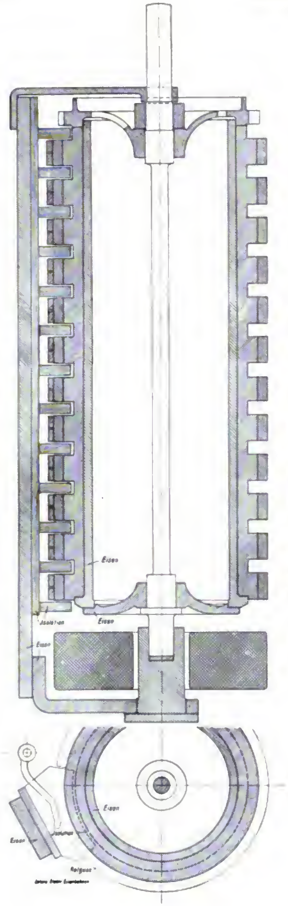
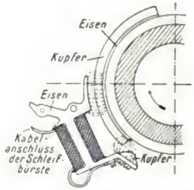


Abb. 266.

Magnetischer Ausbläser für grosse Walzen. M. 1 : 6.

Flacheisen b geleitet und schliessen sich durch den Lichtbogen. Das Flacheisen b ist mit einer Isolationsplatte h belegt, an welcher das die Lichtbogen voneinander trennende Fächerwerk befestigt ist. Diese Mittelanordnung des Magneten hat seither eine grössere Verbreitung gefunden. In Textabb. 266 ist eine ähnliche Anordnung derselben Bauanstalt, jedoch für Reglerwalzen mit grossem Durchmesser angegeben. In Textabb. 267 ist die Schleifbürste des Reglers zu einem Magneten ausge-

Abb. 267.



Magnetischer Ausbläser nach K. Sieber (Nürnberg-Fürther Strassenbahn).

bildet. Unter dem Walzenringe ist ein dünner Eisenring zum Kraftlinienschlusse angebracht.

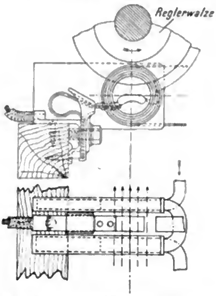
Eine Anordnung des Ausblasmagneten in der Form von kleinen Einzelmagneten für grosse Reglerwalzen ist in Textabb. 276 angegeben.

S. H. Short ersetzte den Magneten durch ein sog. Solenoid, d. h. er erzeugt wie Thomson Kraftlinien, jedoch in eisenlosen Spulen, die er zu beiden Seiten jedes lichtbogenbildenden Stromschlusses anordnete (Textabb. 268). Die Wicklung ist so reichlich bemessen, dass das Eisen zur örtlichen Verstärkung

des Feldes entbehrlich wurde. Die Shortsche Bauart ist also in ihrem Wesen der Thomsonschen gleich.

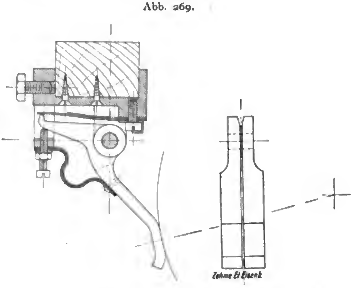
Die Schleifbürsten der Regler werden entweder als starre Drehglieder (Textabb. 269) oder als mit einem Gleitstücke versehene Flachfedern (Textabb. 270 und 272) ausgeführt. Da letztere sich bei Reinigungs- und Wiederherstellungsarbeiten leicht ver-

Abb. 268.



Magnetischer Ausbläser nach S. H. Short.

Abb. 269.

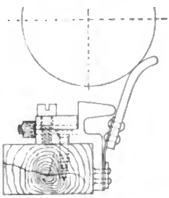


Starre Reglerbürste nach Schuckert. M. 2 : 5.

biegen und ihre Gleitstücke dann unvollkommen oder wohl gar überhaupt nicht mehr auf dem Walzenbelage schleifen, sind sie höchstens an Nebenwalzen, z. B. der Umkehr- oder Umschaltwalze, zulässig, die stromlos bethätigt werden und daher immer blank bleiben.

Breite Schleitstücke bieten nur bei genauestem Einschleifen Gewähr für allseitiges Aufliegen auf den Walzenringen; es werden deshalb Schleifbürsten für grosse Stromstärken zur Sicherung der Schleifflächen zwei oder drei Mal geteilt (Textabb. 269) oder vervielfacht (Textabb. 252 und 276).

Abb. 270.



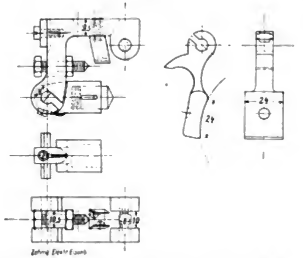
Reglerbürste für stromlose Ausschaltung. M. 2 : 5.

Textabb. 271 giebt die von Sprague in seinen ersten Reglern (1886 bis 1892) angewandte Schleifbürste an; dieselbe zeichnet sich durch leichte Abnehmbarkeit aus, ist jedoch sonst zu vielteilig und teuer.

Bei allseitiger Auflage des Schleifstückes auf dem Walzenbelage kann der qmm Schleiffläche mit 10 Amp belastet werden. Da jedoch trotz des unerlässlichen Aufschmirgelns der Bürsten immer kleine Abweichungen von der vollkommenen Auflage vorkommen, gehe man in der Dauer-Belastung nur höchstens auf 5 Amp/qmm. Vorübergehende, grössere Belastungen sind bis 8 Amp/qmm zulässig. Stellenweise findet man der sicheren Auflage zulieb die Auflagefläche der Bürste nach Textabb. 272 ausgebildet, wobei

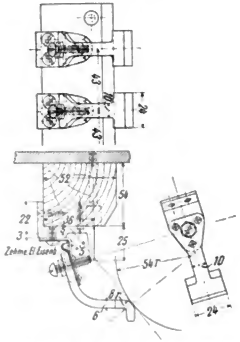
nur ein sehr schmaler Streifen die Stromübertragung bewirkt, der aber unbedenklich mit 8 Amp dauernd belastet werden darf. Um zu verhüten, dass die Bürsten beim Ausschalten und Abgleiten vom Walzenbelage zu weit hinuntersinken, wo-

Abb. 271.



Schleifbürste des Reglers von F. J. Sprague. M. 2 : 5.

Abb. 272.



Reglerbürste mit abgerundeter Schleiffläche. (General Electric Co.) M. 2 : 5.

durch ihr Aufgleiten auf die Walzenringe beim Wiedereinschalten erschwert oder unmöglich gemacht würde, bringt man irgendwo Stellschrauben oder feste Anschläge an. Der Drehpunkt bezw. die Befestigung der Bürsten soll thunlichst in der Berührungslinie am Schleifpunkte des Walzenbelages liegen, damit die die Drehung der Bürste bewirkende Teilkraft möglichst gross ausfalle.

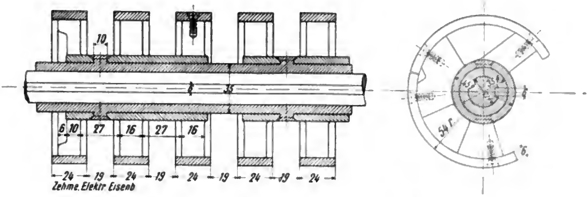
Die Schleifbürsten werden untereinander auf eine gemeinsame Unterlage aus Isolationsstoff (in Öl getränktes Holz, Stabilit, Vulkanitasbest oder dgl.) geschraubt und sollen entweder für sich oder samt ihrem Halter schnell abnehmbar oder auswechselbar sein. Die innere und äussere Auflaufkante soll entweder abgerundet oder abgeschrägt werden, um das Aufgleiten der Bürsten auf den Belag zu erleichtern. Für grössere Stromstärken, etwa über 50 Amp, die bei Drehgliedern durch den Drehpunkt nicht ohne Nachteil übertragen werden können, sind zwischen Bürste und Halter Schleiffedern aus Messing oder biegsame Kabel anzubringen, wodurch auch die Federn vom Stromdurchgange und damit verbundenen Ausglühen verschont bleiben (Textabb. 269).

Die Walze wird jetzt, im Gegensatze zu ehemaligen Ausführungen, nicht mehr aus getränktem Holze, sondern aus irgend einem andern Isolationsstoffe, z. B. Stabilit oder Vulkanit-Asbest, hergestellt. Ihre Ausführung erfolgt entweder aus dem Vollen oder aus einzelnen, in einander mit Falzen eingreifenden Ringen (Textabb. 265).

Eine andre Bauart der Walze ging von den V.-St. Nordamerikas aus und besteht darin, dass man auf die Achse eiserne, speichenförmige Scheibenabschnitte mit ihren grösser gebohrten Naben aufschiebt und durch Auspressen des Hohlraumes

mit Isolationsstoff mit der Achse fest verbindet (Textabb. 273). Auf den Kranz dieser Stücke wird sodann der eigentliche Walzenbelag in der Form von kupfernen oder bronzenen Ringstücken geschraubt. Diese Bauart hat den Vorteil, dass bei magne-

Abb. 273.



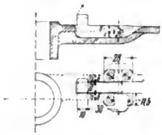
Reglerwalze der General Electric Co. M. 2 : 5.

tischer Ausblasung eine gute Leitung der Kraftlinien durch die eisernen Speichenstücke stattfindet und die Walze selbst leicht wird und eine grosse Festigkeit erhält.

Die Ringe des Walzenbelages werden in der Regel aus Rotguss, die Ablaufstellen aber der schwereren Schmelzbarkeit wegen aus aufgeschraubten, vorn abgerundeten Kupferplättchen hergestellt. Zur Erhöhung der Kraftliniendichte an den Abreisstellen der Lichtbogen bringt man bei Walzen aus Isolationsstoff an diesen Stellen entweder eiserne Unterlagsplatten unter die Walzenringe (Textabb. 267), oder setzt kurze eiserne Stifte in den Isolationsring (Textabb. 265), die von dem Belage der Walze entsprechenden Abstand halten müssen.

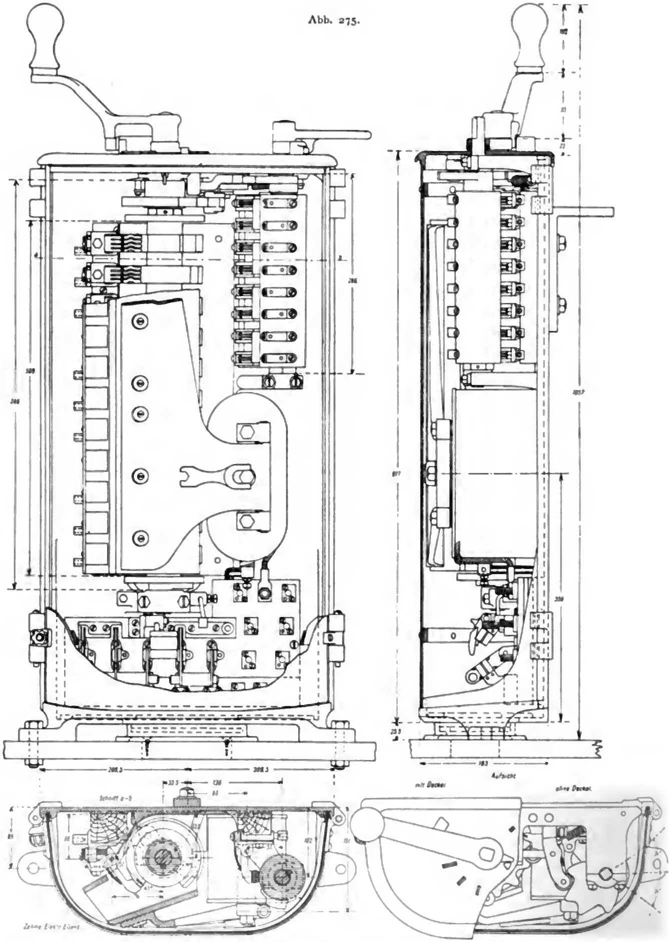
Ausser der Hauptwalze, welche die eigentlichen Stromschlüsse zwischen den einzelnen Kabeln herstellt, bringt man im Regler auch noch die für die Umkehr der Fahrtrichtung und die Ausschaltung eines etwa beschädigten Motors bestimmten Walzen unter. Nach Schuckert sind diese beiden kleineren Walzen auf eine Achse gesetzt, sodass die Walze für die Ausschaltung eines Motors ebenfalls von oben mittels des Umschalthebels bedient werden kann, wodurch bei Störungen schnell festgestellt werden kann, ob etwa die Beschädigung eines Motors daran Schuld trägt (Textabb. 251). Ist dieses der Fall, so setzt man in der Nebeneinanderschaltung des Reglers die Fahrt mit dem unversehrten Motor allein bis zum Endpunkte der Bahn bezw. bis zur nächsten Wagenwerkstätte fort. Da ein Umschalten der Motoren zur Rückfahrt (Textabb. 42) oder Ausschalten eines beschädigten Motors unter Strom zu starken Lichtbogen Veranlassung geben würde, werden die drei Walzen durch ein Sperrwerk derart miteinander verbunden, dass die erwähnten Drehungen nur in der Haltstellung der Hauptwalze möglich sind. (Textabb. 275). Ausserdem pflegt man die Nullstellung eines nicht bedienten Reglers durch dasselbe Sperrwerk in der Weise sicher zu stellen, dass man den vom Führer

Abb. 274.



Sperrklinke vor der Bremsstellung des Reglers.

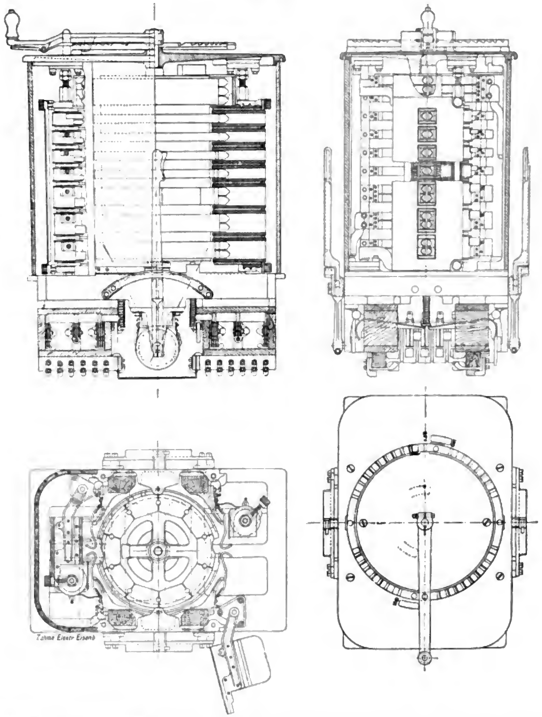
Abb. 275.



Strassenbahn-Regler der Bauart Thomson-Houston. M. 1 : 6.

vorschriftsmässig mitzunehmenden Umschalthebel nur in der durch ihn gesperrten Nullstellung der Hauptwalze auf seine Nullstellung drehbar und darin herausziehbar einrichtet.

Abb. 276.



Regler der Lokomotiven der London Central Ry. British Thomson-Houston Co., London. M. 1 : 15.

Die Achsen aller Reglerwalzen mit Handkurbel sollen geerdet werden.

An sonstigen Sperrungen ist noch die zwischen Halt und elektrischer Bremse vor die Hauptkurbel gelegte Fallklinke (Textabb. 274) anzuführen, die ein

unbeabsichtigtes Einschalten der elektrischen Bremse bei hoher Fahrgeschwindigkeit verhütet (siehe auch S. 49).

Die Regler werden durch dichtschliessende Mäntel aus Eisenblech nach aussen abgeschlossen. Die Mäntel erhalten Handgriffe und sind mittels Drehglieder mit herausnehmbaren Drehstiften nach beiden Seiten aufklappbar. Ihre Innenseite wird mit dicker Asbestpappe ausgekleidet, deren Befestigung oben und unten durch in der Form des Mantels gebogene Flacheisen erfolgt; letztere geben zugleich dem Mantel eine gewisse Steifigkeit.

Über den Einbau der Regler im Führerstande vgl. Taf. XLIII, XLIV, XLV, XLVI sowie Textabb. 94, 99 und 102.

Die Ausbildung der Regler erfolgt bei Strassenbahnen allgemein nach feststehenden Formen. Textabb. 275 stellt einen der für die Ausbildung vorbildlich gewesenen Regler der Bauart Thomson-Houston dar. Bei grossen Fahrzeugen, d. h. für grosse Stromstärken und viel Schaltstufen, erhalten die Regler im grossen Ganzen zwar eine ähnliche Gestaltung der Walzen, jedoch abweichende Gesamt- und Einzelausbildung. Textabb. 276 stellt einen Regler für etwa 1000 Amp. und 500 Volt dar, der von der British Thomson-Houston Co. gebaut wurde und bei den Lokomotiven der London Central Ry. im Betriebe ist; die zugehörige Schaltung ist in Textabb. 252 angegeben.

D. 2. Stromabnehmer.

Der Stromabnehmer dient zur Ableitung des Stromes von den Stromzuführungsleitungen nach dem Fahrzeuge. Von den bei Strassenbahnen üblichen einpoligen Stromabnehmern mit Rolle abgesehen, stellt ein allen Betriebsanforderungen entsprechender Stromabnehmer eine der schwierigsten Aufgaben der ganzen elektrischen Einrichtung eines Fahrzeuges dar. Auf der Verkennung dieses Umstandes beruht der Misserfolg einer ganzen Reihe bisheriger Ausführungen.

Man unterscheidet Stromabnehmer mit Rolle, Walze, Gleitbügel, Stromschlusswagen und, soweit unterirdische Stromzuführungen in Betracht kommen, solche, die für diesen besonderen Zweck gebaut sind. Je nachdem die Stromabnehmer bei Wechsel der Fahrtrichtung von Hand oder selbstthätig in die der jeweiligen Fahrtrichtung entsprechende Lage gebracht werden, unterscheidet man Umleg- oder Umkehr-Stromabnehmer.

2. a. Die Stromabnehmer für oberirdische Stromzuführungen.

a. α. Die Rolle.

Allgemeines. Die oberirdische Stromzuführung und der einpolige Stromabnehmer mit Laufrolle stellen die einfachste und zugleich rohste Lösung der Aufgabe dar. Die Bauart ging, nachdem die deutschen Bahnen mit Stromzuführung durch die Schienen (1881 Lichterfelde) oder oberirdischer Zuführung mit in Röhren gleitenden Schiffchen (Mödling und Offenbach 1883 und 1884) oder endlich mit Speicherbetrieb ausgeführt worden waren, von den V.-St. Nordamerikas aus, wo sie seit 1888 allmählich zu einer hohen Vollkommenheit ausgebildet wurde[1]. Die heute

[1] Die Anordnung der oberirdischen Stromzuführung mit Drahtleitung hat allerdings auch in Deutschland einen Vorläufer gehabt und zwar in der von F. Tischendörfer angegebenen und

noch gegen diese Stromzuführung bestehenden Bedenken beruhen weniger au Sicherheits- als auf Schönheitsgründen. Die in den Verträgen meist vorbehaltene Übernahme der Strassenbahnen seitens der Stadtgemeinden, sowie die jetzt allgemein anerkannte niedergehende Wirtschaftlichkeit kleiner und mittelgrosser Strassenbahnanlagen haben in Deutschland den Widerstand gegen oberirdische Stromzuführungen gebrochen, während in grossen Städten des Auslandes zur Wahrung der schönheitlichen Eigenart bestimmter Bezirke das Verbot bedingungslos aufrecht erhalten bleibt (Paris, London, Pesth u. a. m.). Hinsichtlich der Sicherheit beginnt man dagegen erst jetzt, und zwar wieder in den V.-St. Nordamerikas, gegen die oberirdischen Stromzuführungen vorzugehen, indem man es den Gesellschaften überlässt, zwischen Speicherbetrieb oder unterirdischen Stromzuführungen zu wählen.

Ausführung. Die Rollen-Stromabnehmer bestehen aus einer durch ein auf dem Dache des Fahrzeuges gelagertes Federwerk gegen die in einer Höhe von 5 bis 6 m über dem Gleise gespannte Leitung gedrückten Stange, an deren Kopf eine gerillte Laufrolle befestigt ist. Die ganze Vorrichtung steht unter Strom und muss daher isolirt auf dem Dache angebracht werden, wozu in der Regel in heissem Öle getränkte, buchene Unterlagshölzer dienen. Die ehemalige Lagerung dieses Holzgestelles auf Gummikissen hat man wieder aufgegeben. Auch hat die Isolierung der Stange und Rolle mittels Leders (Hamburg) oder Gummibänder zum Schutze gegen Stromüberleitung durch entgleiste Stangen auf Fernsprechleitungen keinen dauernden Erfolg gehabt.

Die Stange muss allen Bewegungen der am Leitungsdrahte laufenden Rolle folgen können. Planetarische Führungen der Stange haben sich wegen der Rollenzwängungen als unbrauchbar erwiesen. Nach amerikanischem Vorbilde werden die Stangen allgemein mit ihrem Federbocke um einen senkrechten Zapfen drehbar angeordnet, sodass die Stange kegelförmige Bewegungen ausführt und sich nach allen Seiten leicht herunterziehen und herumschwenken lässt.

Ein besonderes Gewicht ist auf einen unveränderlichen Druck der Rolle gegen den Fahrdraht bei allen Neigungen der Stange, d. h. Höhenlagen des Drahtes zu legen. Es lässt sich dies durch richtige Bemessung und Stellung der Hebel sowie Wahl der Federn erreichen. Von den letzteren ist eine Schaulinie über zugehörige Längen und Spannungen durch Versuch aufzuzeichnen.

Es ist wichtig, dass die Stange mit Rücksicht auf Tunnels, Wegunterführungen u. s. w. möglichst tief, fast wagrecht niedergedreht werden kann und in dieser Lage noch thunlichst den richtigen Rollendruck besitzt.

Das Gewicht (Masse) der Rolle und deren Fassung soll möglichst gering sein, damit die Rolle ruhig und ohne Feuern am Drahte läuft und durch Unebenheiten des letzteren möglichst wenig abgeschleudert wird. Aluminium hat sich als Baustoff für diese Teile nicht bewährt.

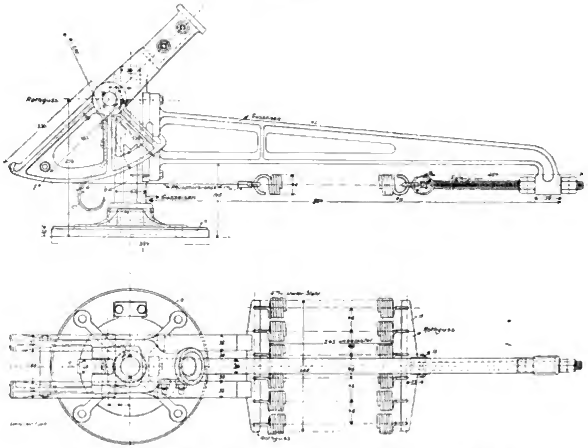
Textabb. 277 giebt eine weitverbreitete, neuerdings durch die Bauart nach Textabb. 279 ersetzte Ausführung der General Electric Co. (Thomson-Hou-

---

1883 von S. Schuckert ausgeführten Holzbeförderungsbahn von J. Steinbeiss in Brannenburg bei Rosenheim. Diese Bahn ist zwar jahrelang in ungestörtem Betriebe, dürfte aber, ebensowenig wie sie als Vorbild für weitere Ausführungen im Inlande diente, einen Einfluss auf die amerikanischen Ausführungen nicht ausgeübt haben.

ston Co., Union E.-G.) an. Die gusseiserne Platte a ist auf dem hölzernen Traggestelle (Taf. XLII, XLIV, XLV, XLVI und XLVIII) fest gelagert und trägt den Zapfen b, um welchen sich der eigentliche Federbock frei drehen kann. Im letzteren ist die Gabel des Stangenhalters gelagert und mittels des Armes c das Federwerk d aufgehängt. Die Feder e dient zur Dämpfung des Anpralles der Stange bei Entgleisungen und Hin- und Herpendeln. Der gleichförmige Druck der Rolle gegen den Fahr-

Abb. 277.



Federbock zum Stromabnehmer mit Rolle der Union E.-G., Berlin. M. 1 : 8.

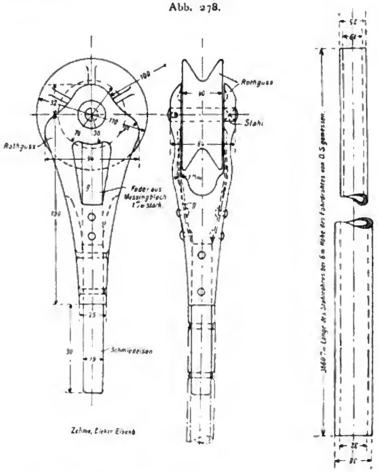
draht wird durch das exzentrisch geformte Bogenstück f erreicht, um welches ein durch die Federn gespanntes Band aus Phosphorbronze gelegt ist.

In Textabb. 278 sind Stange und Rolle mit Fassung des vorstehend angeführten Stromabnehmers dargestellt. Letztere bilden zusammen den Stangenkopf und sind mittels eines Dornes auf der Stange befestigt. Die Rolle besteht aus Bronce, die Fassung aus Rotguss. Zu beiden Seiten der Rolle schleifen an deren Nabe flache Messingfedern g, welche den Strom von der Rolle zur Fassung überleiten. Die Schmierung der Rolle auf ihrer Achse erfolgt selbstthätig mittels Graphiteinlagen.

Die E.-A. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, (Taf. XLIII und Textabb. 161) und die Allgem. Elektr.-Ges., Berlin, (Boston trolley) verwenden Stangenhalter mit festen Hebeln und Federstützen aus in den Federbock geschraubten Rundeisen bezw. mit dem ersteren vergossenem, die Federn in der Wagrechten

umgreifendem Rahmen. Die Rollenfassung der letztgenannten Bauanstalt besteht aus gepresstem Eisenbleche.

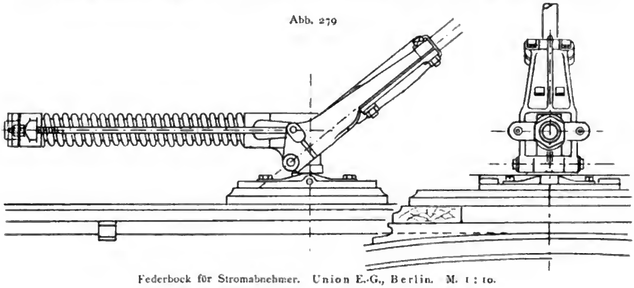
Abb. 278.



Rolle mit Fassung und Stange zum Stromabnehmer nach Textabb. 277. Union E.-G., Berlin. M. 1 : 4.

Bei allen diesen Bauarten werden die Federn auf Zug beansprucht. Textabb. 279, 286 und 287 geben drei Bauarten mit Druckfedern an, die ebenfalls um einen

Abb. 279

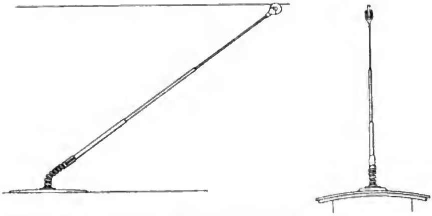


Federbock für Stromabnehmer. Union E.-G., Berlin. M. 1 : 10.

senkrechten Zapfen frei drehbar gebaut werden können und sich nur durch die Ausbildung der Hebel und Anordnung der Federn voneinander unterscheiden.

Eine eigenartige Federung, von S. Schuckert angegeben (1890), besteht in der Anordnung einer einzigen, senkrecht eingebauten Schraubenfeder aus 16 mm ▢ Stahl (Textabb. 280) die gleichfalls eine allseitige Drehung der Stange ermöglicht. Infolge ihres zwischen der höchsten und tiefsten Lage stark unterschiedlichen

Abb. 280.

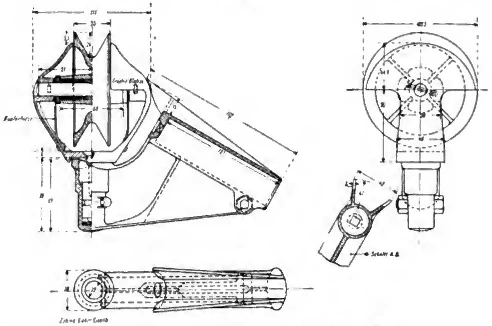


Stromabnehmer mit Schraubenfeder. E.-A. v. Schuckert & Co. Nürnberg. M. 1 : 50.

Rollendruckes fand diese Bauart indessen nur eine beschränkte Anwendung. Sie eignet sich für niedrige Stromzuführungen gleichbleibender Höhe z. B. bei Grubenbahnen (vgl. Textabb. 140).

Als aussergewöhnliche Ausführung ist noch der Stromabnehmer für oberirdische Stromzuführung der Bauart Dickinson zu nennen. Diese Leitung

Abb. 281.

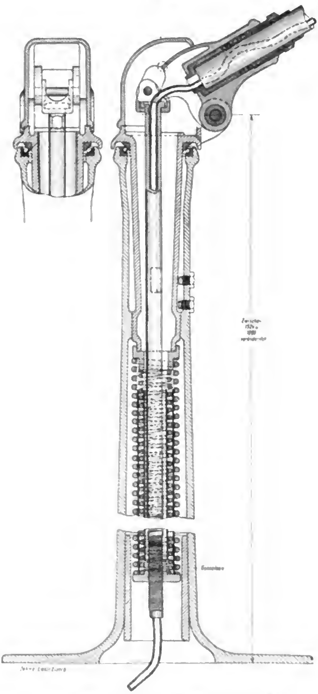


Dickinson Rolle nach Philip Dawson, London. M. 1 : 4.

ist zwecks Ersparnis an Spanndrähten in Gleiskrümmungen nicht über Gleismitte, sondern seitlich, am Rande der Gehwege, gespannt und erfordert daher eine Dreh-

barkeit der Rolle auch um die Senkrechte. Textabb. 281 giebt diese Rolle ausgeführt von Philip Dawson, London, Textabb. 282 den zugehörigen Federbock an; letzterer musste eine für Decksitzwagen geeignete säulenförmige Ausbildung erhalten (Taf. XLIX). Zwecks leichter Drehbarkeit des schweren Federbockes sind die Lagerungen mit Kugeln ausgeführt, eine Vorsicht, die bei gewöhnlichen Stromabnehmern obenbeschriebener Art indes nicht am Platze ist. Im Gegensatze zu allen vorgenannten Stromabnehmern ist hier von der Rolle bis zum Sockel ein biegsames Kabel für die Fortleitung des Stromes eingelegt. Versuche haben jedoch ergeben, dass die gewöhnliche Rolle und Stange nach Textabb. 278 eine Stromstärke von 300 Amp ohne Nachteil dauernd abnehmen und fortleiten können.

Abb. 282.



Federbock zur Dickinson Rolle (Textabb. 281).

a. β. Die Walze.

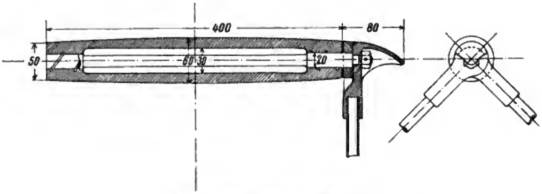
Die Walze gehört zu den Querleitern und wird an Stelle des Gleitbügels nur dort angewandt, wo bei mässiger Fahrgeschwindigkeit sehr grosse Höhenunterschiede an der oberirdischen Stromzuführung vorkommen, für die ein Schleifbügel aus unten angegebenen Gründen nicht geeignet ist. Ausserdem findet man walzenförmige Stromabnehmer bei Bahnen, z. B. Grubenbahnen, die auf die Pflege dieses heiklen Teiles nicht viel Zeit verwenden können. Die Walze besitzt im Allgemeinen den Nachteil, dass sie schwerer ist und deshalb stärker am Fahrdrahte feuert als die gewöhnliche Rolle. Wird zur Verhütung dessen ihr Druck gegen den Draht erhöht, so erhöhen sich damit auch ihre Abnutzung und Wiederherstellungskosten, die ohnedies schon höher als bei der Rolle sind.

Es ist bei Stromabnehmern mit Walzen zu beachten, dass die Leitung auf gerader Strecke im Zickzack gespannt wird, damit der Draht nicht über ein und dieselbe Stelle der Walze streicht und daselbst Rillen einfrisst. Der Draht würde

in einer Rille auch bei nicht genau zu ihr passender Lage so lange verweilen, bis seine Querspannung den Seitendruck der Rille, der ihn in dieser festhält, überwöge, sodass er mit einem Rucke aus der Rille heraus- und unter Herstellung eines Lichtbogens über einen Teil der Walze hinwegsprånge. Nebenbei verursacht eine durch eine Rille zerschnittene Walze auch höhere Unterhaltungskosten, da sie eher ausgewechselt werden muss.

Zu beiden Seiten der Walze sind zwecks Aufgleitens von Nebenleitungen in Weichen und Kreuzungen hornartige Ansätze aus Bronce oder Flacheisen anzubringen. Die Bauart der Walze wird durch Textabb. 283 angegeben. Der mittlere

Abb. 283.



Walze für Stromabnehmer. M. 1 : 6.

Teil ist ballig geformt, damit er bei Abnutzung nachgedreht werden kann. Die Achse wird wie bei Rollen durch mit Graphitfett ausgefüllte Schmiernuten in der Bohrung selbstthätig geschmiert.

Nach einer von der Allgem. Elektr.-Ges., Berlin, angegebenen Weise kann die Walze auch durch nebeneinander gesetzte, kurze Walzen oder durch doppelte und versetzte Anordnung solcher zusammengesetzt werden. Letztere Anordnung soll das bei der ersteren mögliche Einschneiden des Fahrdrahtes in die zwischen zwei Teilwalzen liegende Fuge verhindern. Die Unterteilung der ganzen Walze in mehrere kleine Walzen soll leichteres Drehen der Walze und billigere Auswechslung der ausgelaufenen Teile bewirken. Am billigsten und betriebsichersten hat sich jedoch bisher die einfache Walze erwiesen.

Neben diesen Ausführungen giebt es noch unzählige andre, die auf der Vereinigung von Walze und Rolle, besonderer Ausbildung der Walze, Lagerung derselben in Kugeln u. s. w. beruhen, aber sämtlich teurer sind und weniger zuverlässig arbeiten als die einfache Walze.

a. γ. Der Bügel.

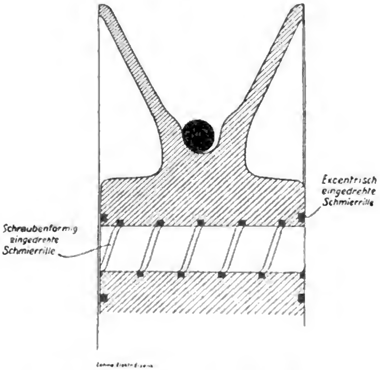
Allgemeines. Der an Stelle der Rolle von S. H. Short im Jahre 1888 angegebene und bald wieder verlassene Schleifschuh wurde von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, zu einem bügelförmigen Schleifstücke ausgebildet und nach mancherlei Versuchen in den Betrieb eingeführt. Obwohl ein äusserer Anlass, z. B. grundsätzlicher Rechtsschutz, gegen die allgemeine Anwendung von Bügel-Stromabnehmern niemals bestanden hat, fanden letztere bisher doch nur in sehr wenigen

Fällen Verwendung seitens andrer Bauanstalten. Der Grund hiefür liegt in den heute noch sehr geteilten Anschauungen über die Vor- und Nachteile des Bügels gegenüber der Rolle, sowie in der bequemeren Unterhaltung der Stromabnehmer mit Rolle. Es seien deshalb hier die verschiedenen Eigenschaften der beiden Vorrichtungen vergleichsweise gegenübergestellt.

Betriebssicherheit. Die Rolle entgleist auch bei gut gespannten Fahrdrähten mehr oder weniger und zwar infolge unvermeidlicher Verzerrungen im Leitungsnetze und infolge von Wagenschwankungen. Letztere bilden den Grund für alle Entgleisungen auf gerader Strecke, welche man mitunter beobachtet, ohne einen Grund hierfür zu finden. Da der Bügel auch bei weniger gut gespannten Netzen, richtige Bemessung seiner Länge vorausgesetzt, nicht entgleist, so ist bei allen Bahnen mit mehr als 30 km/Std Fahrgeschwindigkeit der Bügel am Platze. Der in den V.-St. Nordamerikas[1]) auch noch bei 60 km/Std beobachtete sichere Rollenlauf beruht auf dem ausserordentlich ruhigen Laufe der Wagen, der seinerseits der grossen, vierachsigen Bauart und dem vorzüglichen Gleisbaue (starke Schienen und dichte Unterschwellung auf guter Bettung) zu verdanken ist.

Anlage- und Unterhaltungskosten. Die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten des Bügel-Stromabnehmers sind höher als bei der Rolle; letztere belaufen sich auf 0,08 bezw. 0,065 Pfg. für 1 Wag/km bei Strassenbahnen und 0,15 bezw.

Abb. 284.



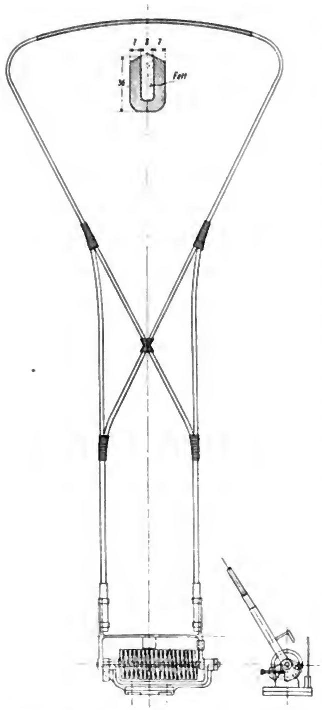
Abnutzung des Leitungsdrahtes und der Laufrolle. M. 1 : 1.

0,125 Pfg. für 1 Wag/km bei Lokal- und Überlandbahnen mit etwa 40 km/Std. Fahrgeschwindigkeit. Zerstörungen an Bügeln und Rollen sind hierbei nicht berücksichtigt,

[1]) Z. B. bei den elektrischen Linien des Nantasket beach der New-York, New-Haven and Hardford Rd.

da dieselben ganz von Zufällen abhängen. Das Leitungsnetz des Bügels, welchem man mit Unrecht eine erheblich grössere Leichtigkeit und Durchsichtigkeit als dem der Rolle zuschreibt, ist nur wenig billiger in der Anlage, mehr dagegen in der Unterhaltung. Der Fahrdraht wird bei Bügeln weniger zerstört und, gute Schmierung vorausgesetzt, weniger angegriffen als bei Rollen, welche letzteren eine Reibung nicht nur an der eigentlichen Laufstelle sondern, wie Textabb. 284 einer abgenutzten Rolle zeigt, auch an den Seiten erfahren. Die seitliche Abnutzung des Drahtes ist deshalb bei Rollenbetrieb, insbesondere in Krümmungen, bedeutend, während der Bügel, wie Messungen ergaben, den Draht nach z. B. 3jährigem Betriebe nur an der unteren Seite und zwar bis zur Sehnenlänge von nur 3 mm abnutzte; diese Streichfläche nimmt mit zunehmender Abnutzung an Breite zu, was auf die Abnutzung günstig zurückwirkt. Manche Bahnen fahren daher anfangs mit ungeschmierten oder aus hartem Stoffe hergestellten Bügeln, um eine Schleiffläche von etwa 3 mm Breite am Drahte zu erzeugen. Die Ausführung des Netzes ist bei Bügelbetrieb keineswegs einfacher als bei Rollenbetrieb, da der funkenfreie Lauf des Bügels ein ausserordentlich genaues und straffes Spannen erfordert [1]).

Abb. 285.



Schleifbügel mit Gestell und Federbock von Siemens & Halske A.-G., Berlin. M. 1 : 25 und 1 : 2.

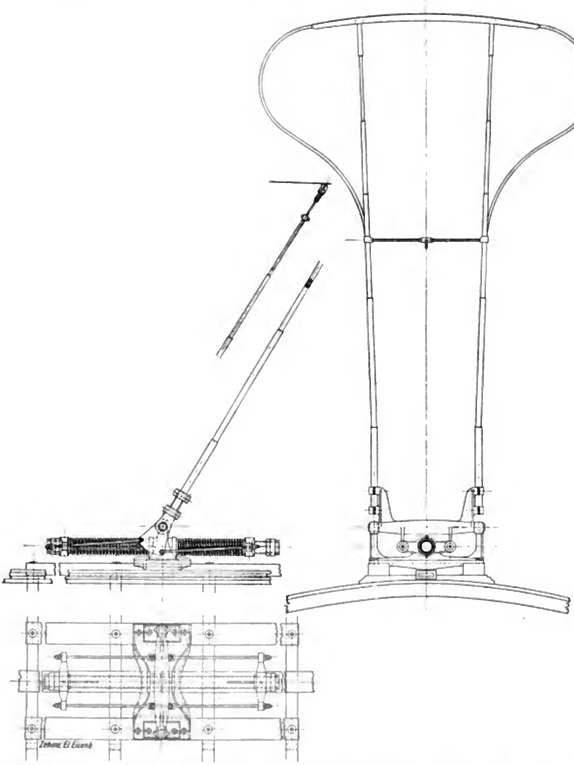
Aussehen. Das Netz dürfte in beiden Fällen das gleiche Aussehen bieten, dagegen gewährt der Bügel-Stromabnehmer selbst zweifellos einen schwerfälligeren Anblick, was sich nur bei sehr grossen Fahrzeugen wieder verliert (vgl. Taf. LXV).

Sonstiges. Der gewöhnliche Bügel-Stromabnehmer kann unter freigespannten

[1]) Siehe Bd. II, Oberirdische Stromzuführungen für Schleifbügel.

Fahrdrähten bei Wechsel der Fahrtrichtung selbstthätig umkehren, während die Rolle von Hand umgelegt werden muss. Soll dagegen diese selbstthätige Umkehr beim

Abb. 286.



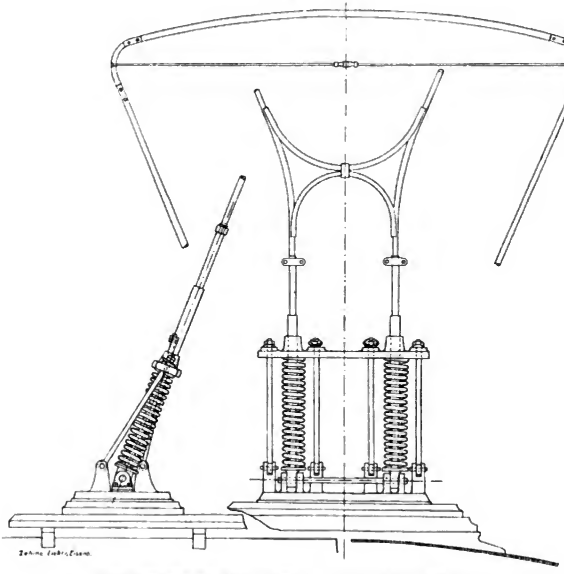
Schleifbügel mit Gestell und Federbock der E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg. M. 1 : 25

Bügel auch unter festen oder nach oben wenig nachgiebigen Aufhängepunkten des Drahtes, z. B. bei Auslegermasten, ohne Knickung des Bügelgestelles oder Bruch des

Bügels möglich sein, so ist der ganze Stromabnehmer als Umkehr-Stromabnehmer zu bauen (s. S. 296).

Ausführung. Der Bügel wird an einem Stahlrohrgestelle befestigt und in irgend einer Weise durch Federn an den Leitungsdraht gedrückt. Textabb. 285, 286 und 287 stellen Bügelträger dar. Während in Textabb. 285 und 287 die beiden Tragrohre etwa in halber Höhe auseinander geführt werden und mit einer hornartigen Abrundung

Abb. 287.



Schleifbügelgestell mit Federbock der Union E.-G., Berlin. M. 1 : 10.

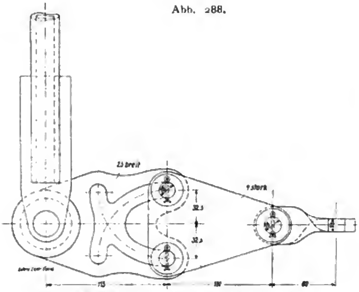
sich an die Bügelenden anschliessen, sind sie in Textabb. 286 gerade bis zum Bügel hinauf geführt, wobei die zum Aufgleiten der Spann- und abweichenden Fahrdrähte erforderlichen hornartigen Abrundungen nur sich selbst und teilweise die Bügelenden zu halten haben. Hiermit ist eine bessere Unterstützung des ganzen Bügels und ein stärkeres Gestell erreicht, sodass selbst stark abgenutzte Bügel nicht so leicht zusammenknicken und die in Textabb. 285 und 287 an den mittleren Abzweigpunkten der Hauptträger eintretenden Brüche vermieden werden. Ausserdem ist in Textabb. 286

der Bügel nicht unmittelbar, sondern unter Einschaltung von Flachfedern mit dem Bügel verbunden, damit der Bügel dem Leitungsdrahte überall, insbesondere an den Einschnürungen der Aufhängepunkte, unabhängig von der ganzen Masse des Bügelgestelles folgen kann und Lichtbogen zwischen der Leitung und dem Bügel vermieden werden. Die seitlichen Hörner sind nachgiebig genug, um diese zweite Federung nicht zu hindern. In Textabb. 287 ist zur Verhütung des vorzeitigen Einknickens abgenutzter Bügel zwischen den Bügelhörnern ein Spanndraht gezogen.

Die Bügelgestelle bestehen aus Stahlrohren von 1,5 bis 2 mm Wandstärke, deren Verbindungen durch Umwicklung mit Draht und harte Verlötung hergestellt werden.

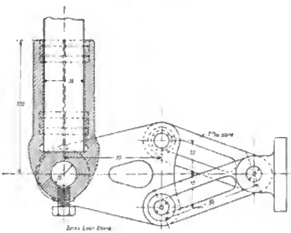
Der Federbock wird bei Bügel-Stromabnehmern in der Regel nach zwei Seiten federnd eingerichtet. Ist ein Überschlagen des Bügels im senkrechten Sinne

Abb. 288.



Kurbel für Bügelgestelle mit zweiseitiger Federung. F. J. Sprague. M. 1. 4.

Abb. 289.



Kurbel für Bügelgestelle mit zweiseitiger Federung. M. 1 : 4.

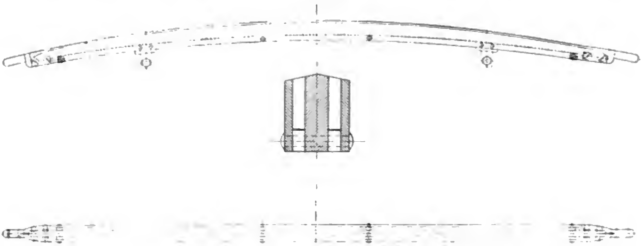
mangels genügender Drahthöhe nicht möglich, so kann der Federbock mit einseitiger Federung und Drehzapfen zum Herumschwenken im wagrechten Sinne eingerichtet werden, jedoch ist dann eine Sperrklinke zur Verhütung der wagrechten Drehung während der Fahrt vorzusehen.

Eine zweiseitige Federung mit nur einer Federgruppe kann mit Hebeln nach Textabb. 286 oder 287 ausgeführt werden. Eine eigenartige Anordnung wurde 1888 von Frank J. Sprague angegeben. Dieselbe besteht nach Textabb. 288 in einem einzigen Doppelhebel, welcher auch bei sehr kleinen Drehungen des Bügels von der Mittellage aus sofort den gewünschten Auftrieb erfährt und es ermöglicht, den Winkel zwischen dem wirksamen Hebel und der Wagrechten so zu wählen, dass ein gleichbleibender Drahtdruck des Bügels bei allen Schräglagen des Stromabnehmers und entsprechenden Federspannungen sich ergiebt. Textabb. 289 giebt eine von Schuckert, Nürnberg, (1893) getroffene Ausführung dieser Vorrichtung an.

Der Bügel selbst wird aus Aluminium oder bei geringer Wagenfolge aus weichem Messing hergestellt. Textabb. 285 und 290 stellen die Querschnitte gebräuch-

licher Bügel dar. Der zwischen den Blechen freibleibende Raum wird mit Fett ausgefüllt. Die Lebensdauer der Bügel dieser Art beträgt je nach der Fahrgeschwindigkeit 10000 bis 4000 km. Der Bügel nach Textabb. 290 ist bei gleicher Abschleifmasse leichter als nach Textabb. 285 und läuft infolgedessen ruhiger am

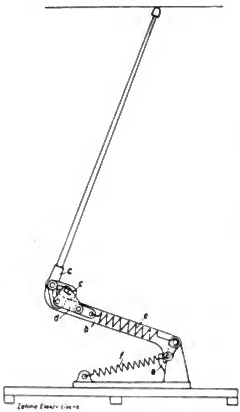
Abb. 290.



Schleifbügel der E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg. M. 1 : 8 und 1 : 2.

Drahte. Auch tritt bei dem Bügel nach Textabb. 290 nicht die sonst beobachtete Erscheinung auf, dass sich durch den Fahrdraht eine dünne Metallhaut vom Aussenbleche über die Fettrinne hinzieht und letztere dabei zudeckt.

Abb. 291.



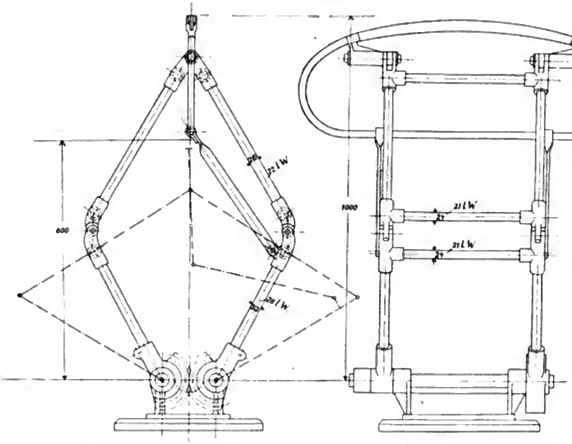
Umkehr-Schleifbügel. M. 1 : 30.

a. δ. Umkehr-Stromabnehmer.

Die Umkehr-Stromabnehmer bedürfen des Umlegens beim Wechsel der Fahrtrichtung nicht, oder thun dies selbstthätig. Man unterscheidet senkrecht geführte Stromabnehmer (Textabb. 153, 154, 162 und 163) von solchen, die von einer Schrägstellung selbstthätig in die andere übergehen (Textabb. 291). Textabb. 292 giebt eine von Schuckert, Nürnberg, ausgeführte Geradführung des Schleifbügels an, welche der Befestigung des Bügels an einer der oberen Stangen des Bügelgestelles vorzuziehen ist, weil diese die seitliche Abnutzung und frühzeitige Auswechslung des Bügels beschleunigt.

Umkehrstromabnehmer finden vornehmlich bei Verschiebe- und Grubenlokomotiven Verwendung und bedürfen einer besonders guten Wartung und Schmierung.

Abb. 292.



Umkehr-Schleifbügel mit Geradhaltung des Bügels nach Th. Schuhmann. M. 1 : 10.

2. b. Stromabnehmer für unterirdische Stromzuführungen.

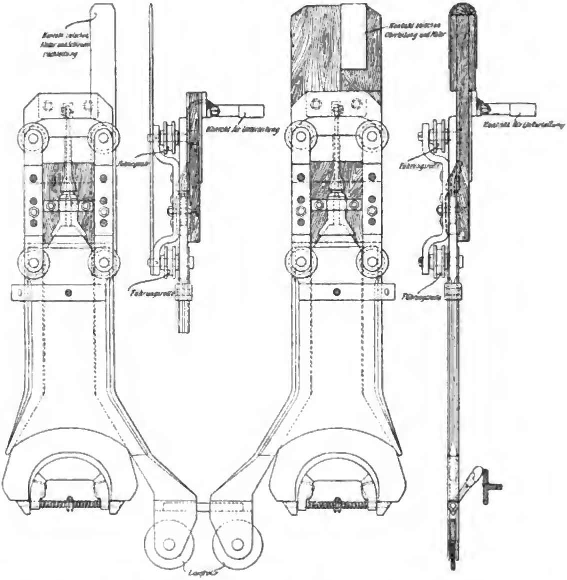
b. α. Stromabnehmer für Schlitzkanäle.

Die Stromabnehmer für Schlitzkanäle der Bauart Siemens & Halske, A.-G. Berlin, (Textabb. 293)[1]) welche Bauart für alle Schlitzkanäle vorbildlich war, sind wegen der bei dieser Art Stromzuführung doppelpolig auszuführenden Leitung zweiteilig und bestehen aus einem schmiedeeisernen Gehäuse, in dem eine vorzüglich zu isolierende, stählerne Platte befestigt ist. Am unteren Ende der letzteren ist ein Flügel aus Bronce derart drehbar gelagert, dass er durch eine Feder an die Leitungsschiene gedrückt wird, dabei aber nach oben und unten sich gänzlich in die Umgrenzungslinie des Querschnittes der erwähnten Platte hineindrehen lässt. Der Stromabnehmer lässt sich deshalb aus dem Schlitzkanale leicht heraus- und in denselben wieder hineinbringen. Dies ist bei Störungen oder beim Übergange von oberirdischer Stromzuführung zur unterirdischen nötig. Der ganze Stromabnehmer läuft im letzteren Falle mittels zweier Rollen an einer im Schlitzkanale angebrachten, schrägen Leitschiene herauf bezw. hinunter, wobei die Stromschlüsse von der oberirdischen bezw. unterirdischen Leitung zum Motor sich selbstthätig vollziehen und Lichtbogen zwischen Abnehmer und Leitungsschiene unmöglich gemacht werden. Von dem

[1]) S. Elektrotechn. Zeitschr. 1898, S. 642.

Stromabnehmerflügel gelangt der Strom durch die stählerne Platte und ein isoliert verlegtes Kabel zu den Stromschlusstücken.

Abb. 293.



Stromabnehmer für unterirdische Stromzuführung (Schlitzkanal). Siemens & Halske A.-G., Berlin. M. 1 : 8.

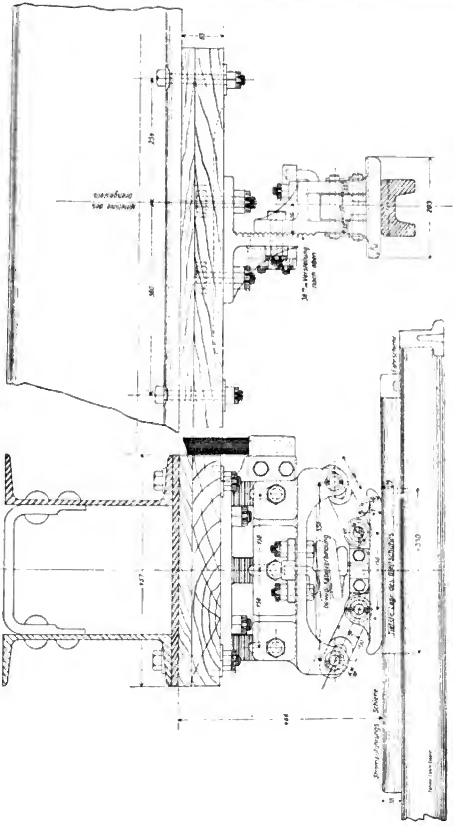
b. β. Stromabnehmer für Oberflächenkontakte.

Die Stromabnehmer der im Strassendamme liegenden unterirdischen Stromzuführungen müssen unabhängig von den Wagenbewegungen über die zum Stromschlusse dienenden, aus der Strassendammlinie um etwa 20 mm herausragenden sog. Kontaktsteine gleiten und von der Erde einen gleichbleibenden Abstand einhalten. Unter den bisher in Betrieb befindlichen Vorrichtungen hat sich diejenige der E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg, am besten bewährt. Sie besteht aus einer hochkantig gespannten Gelenkkette, die allen Bewegungen leicht zu folgen imstande ist[1]). Diese Kette wird an mehreren Punkten durch Schraubenfedern getragen und

[1]) S. Zeitschr. für Kleinb. Jahrg. IX, S. 641 und Taf. VII.

gegen seitliche Ausbiegungen durch leichte Querstangen gesichert. An den Enden wird die Kette des leichten Aufgleitens wegen etwas in die Höhe gezogen. Daselbst angebrachte Schraubenfedern halten die ganze Kette straff gespannt.

Abb. 294.



Stromabnehmer für dritte Schiene. British-Thomson-Houston Co., Ltd., London. M. 1:8.

b. γ. Stromabnehmer für dritte Schiene.

Die für die sog. dritte Schiene dienenden Stromabnehmer bestehen aus einem 10 bis 15 kg schweren, gusseisernen Gleitschuhe, der in jeder Fahrtrichtung von einer Hängelasche geschleppt wird und lediglich durch sein Gewicht den Stromschluss vermittelt. Federn zur Anpressung des Gleitschuhes an die Leitungsschiene haben sich als entbehrlich erwiesen. Die Aufhängung des Gleitschuhes erfolgt an hölzernen, mit dem Motorgestelle (Mittelschiene) oder den Achsbuchsen (Seitenschiene) verbundenen Trägern.

Textabb. 294 stellt den von der British Thomson-Houston Co. Ltd., London, hergestellten Gleitschuh der Central London Ry. dar. Derselbe ist in der Höhe, der Abnutzung entsprechend, verstellbar und durch ein biegsames Kabel mit seinem feststehenden Sockel elektrisch verbunden.

D. 3. Widerstände.

Allgemeines. Die zur Anfahrt und Fahrtregelung erforderlichen Vorschaltwiderstände werden bei Strassen- und Lokalbahnen aus Metall hergestellt. Für sehr grosse Stromstärken hat man versuchsweise Flüssigkeitswiderstände ausgeführt, bei denen zwecks leichter Handhabung die Platten fest stehen und die Flüssigkeit mittels Druckluft von einem Behälter in den Widerstandskasten bis zu dem metallisch bewirkten Kurzschlusse geleitet und emporgetrieben wird [1]).

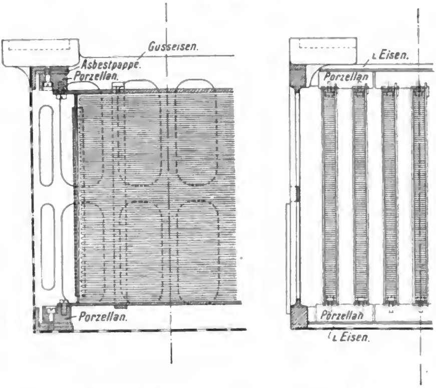
Ausführung. Die Beanspruchung des Widerstandskörpers wird so hoch bemessen, dass bei etwa 0,5 mm Bandstärke auf den qdm Abkühlungsoberfläche 50 Watt kommen. Das in dem Widerstande w durch den Strom I in Wärme umgesetzte Arbeitsvermögen ist $I^2 w$. Widerstand und Wärme erfahren eine gegenseitige Steigerung bis zu einem gewissen Beharrungszustande, der bei den gebräuchlichen Metallen den Widerstand des kalten Metalles kaum übersteigt. Für grössere Stromstärken wickelt man die Drähte oder Bänder bifilar nebeneinander. Die Berechnung der Widerstände ist auf S. 248 u. f. angegeben. Widerstände, welche nur während der Anfahrt oder als Vorschaltwiderstände vor gewissen Schaltstufen nur vorübergehend eingeschaltet sind, können stärker als dauernd belastete beansprucht werden; es empfiehlt sich aber mit Rücksicht auf ungeschickte Handhabung des Reglers, den oben angegebenen Wert nicht zu überschreiten.

Die Widerstände werden meist aus Neusilber in Draht- oder Bandform hergestellt. Den Draht wickelt man entweder in schraubenförmigen Locken auf und spannt diese nebeneinander an Porzellanknöpfen in einem aus L Eisen gebildeten Gestelle auf, oder man wickelt ihn unmittelbar über diese Knöpfe. Die Verarbeitung starker Drähte ist jedoch schwierig, sodass man dann Metallbänder verwendet. Dieselben können entweder in schlangenförmigen Windungen unter Einfügung von Asbest- oder Glimmerstreifen flach übereinander gelegt und dann packetweise nebeneinander in einen Kasten gesetzt werden (General Electric Co.)

[1]) Derartige Widerstände wurden in grossem Masstabe bei den als verunglückt anzusehenden Versuchen mit der Hauptbahn-Speicherlokomotive der Paris-Lyon-Mittelmeer-Eisenbahn ausgeführt (s. Rev. gén. d. ch. d. f., 1898, Nov., S. 331). Einige Fahrzeuge neuerer Zeit mit Drehstrombetrieb verwenden gleichfalls solche Widerstände, weil diese einen erheblich kleineren Raum als Metallwiderstände beanspruchen.

(Textabb. 295) oder schneckenförmig mit Asbest- oder Glimmerzwischenlage zu Scheiben aufgewickelt und dann zu einer Trommel nebeneinander angeordnet wer-

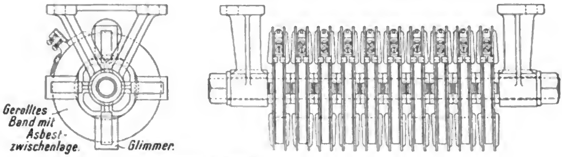
Abb. 295.



Widerstandsanordnung der General-Electric Co. M. 1 : 5.

den (S. H. Short) (Textabb. 296). Die erstgenannte Wicklungsart ist zwar induktionsfrei, jedoch geben erfahrungsgemäss selbst die nicht induktionsfreien Widerstände zu Beschädigungen des Reglers nicht Anlass. Beide vorstehend genannten

Abb. 296.



Widerstandsanordnung von S. H. Short. M. 2 : 15.

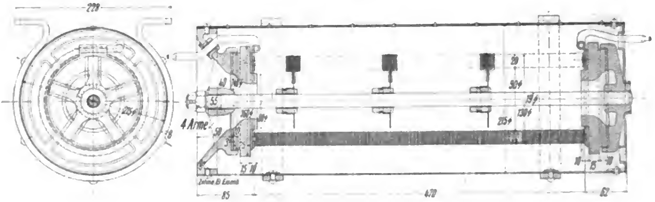
Wicklungsarten ergeben zwar kräftige Aussenformen jedoch wenig Abkühlungsfläche, da nur die Kanten als solche wirken. Besser ist der von Vorbach (1896) angegebene hochkant gewickelte Bandwiderstand, bei dem zwischen den einzelnen Windungen auf dem Kreisumfange drei bis vier kleine Glimmerzwischenlagen angeordnet werden, sodass die Luft auch die breiten Flächen des Bandes bestreichen kann. Der ganze, zylinderförmige Körper wird sodann zwischen zwei Kopfstücken aus Eisen

und Porzellan mittels einer eisernen Zugstange zusammengepresst und mit durchlochtem Bleche eingehüllt. Textabb. 297 stellt einen solchen, von der E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg, hergestellten Widerstand dar.

Die Widerstände werden unter dem Wagenfussboden im Luftstrome aufgehängt. Ihre Anordnung auf dem Wagendache ist unschön und erhebt den Schwerpunkt des Wagenkastens.

Der Einbau der Widerstände in die Seitenwände des Wagens beeinträchtigt gleichfalls das Aussehen des Wagens und führt zu einer unvorteilhaften Ausnutzung

Abb. 297.



Widerstand aus hochkantig gewickeltem Metallbande. M. 1 : 6.

der Umgrenzungslinie des Wagens. Für schnellfahrende Wagen besteht in den beiden letztgenannten Anordnungen auch eine nicht unwesentliche Erhöhung des Bewegungswiderstandes (vgl. S. 181).

Widerstände aus zu Schlangenwindungen ausgeschnittenen Blechtafeln haben sich wegen der ungleichen Querschnitte und teuren Herstellung wenig bewährt. In dieser Art waren die Widerstände der älteren Fahrzeuge der Thomson-Houston Co., Lynn ausgeführt (1890).

Die Anordnung der Widerstände im Fahrzeuge hat so zu erfolgen, dass in der Nähe liegende brennbare Stoffe nicht entzündet werden können.

D. 4. Schmelzsicherungen. Selbstthätige Ausschalter. Handausschalter.

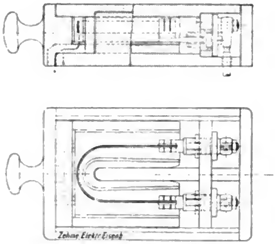
Allgemeines. Zur Sicherung der Leitungen, Schaltvorrichtungen und Motoren gegen Überhitzung und den daraus folgenden Zerstörungen der Isolation und Entzündungen benachbarter Teile sind in den Stromkreis, dicht hinter dem Stromabnehmer Vorrichtungen einzuschalten, die unmittelbar nach Eintritt der unzulässigen Stromstärke die Leitung selbstthätig unterbrechen. Für die Einrichtung der Fahrzeuge würde eine Schmelzsicherung nicht genügen, weil sie wegen ihrer verzögerten Wirkung die erwähnte Ausschaltung nicht genügend schnell herbeiführt, sodass die Isolation der verschiedenen Leitungen Schaden erleidet. Auch für die Stromerzeugungsstelle würde ein nur sekundenlang andauernder Kurzschluss infolge der starken Überlastung der Dynamo- und Antriebsmaschine unzulässig sein. Man verwendet deshalb selbstthätige Höchststromausschalter, die auch schnell wieder eingeschaltet

werden können. Neben diesen sind Schmelzsicherungen trotzdem nicht entbehrlich, da sie in allen Fällen zuverlässiger als Selbstausschalter wirken. Die bei Schmelzsicherungen zur Ausschaltung der Leitungen bei Wiederherstellungen und Untersuchungen an der elektrischen Einrichtung erforderlichen Handausschalter können bei Verwendung von Selbstausschaltern fortfallen, da letztere auch für Handbedienung eingerichtet werden.

Der Stromkreis der elektrodynamischen oder magnetischen Bremse soll keine Sicherung erhalten, da durch diese die Bremswirkung aufgehoben werden würde.

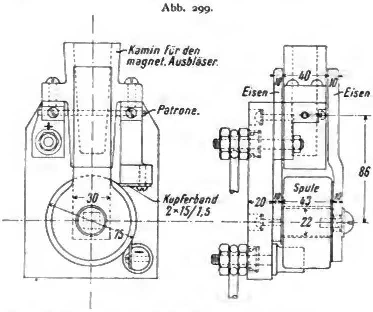
Schmelzsicherungen. Von diesen genügt bei Schienenrückleitung eine im Stromkreise. Sie soll möglichst dicht hinter dem Stromabnehmer an erreichbarem Orte, nahe beim Führerstande angebracht werden, ohne dass der etwa austretende Lichtbogen zu irgendwelchen Entzündungen oder Beschädigungen führen könnte.

Abb. 298.



Bleisicherung für 600 Volt Gleichstrom. E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg. M. 2 : 7.

Abb. 299.



Bleisicherung für 600 Volt Gleichstrom. General Electric Co. M. 2 : 7.

Ihre Bauart beruht auf der Einschaltung eines leicht schmelzbaren Metalles in den Stromkreis, das bei unzulässigem Anwachsen der Stromstärke abschmilzt und dadurch die Leitung unterbricht. Der hierbei entstehende Lichtbogen wird auf folgende Arten unterbrochen:

Die Anschlusspunkte des Schmelzstückes werden soweit auseinander gelegt, dass der Lichtbogen infolge Zunahme des Luftwiderstandes allmählich erlischt.

Der Raum, in welchem die Abschmelzung vor sich geht, wird thunlichst abgeschlossen und erhält nur eine Abblaseöffnung in der Nähe des Lichtbogens. Die durch den Lichtbogen stark erhitzte Luft tritt an genannter Stelle mit hoher Geschwindigkeit aus und reisst den Lichtbogen mit sich (Textabb. 298).

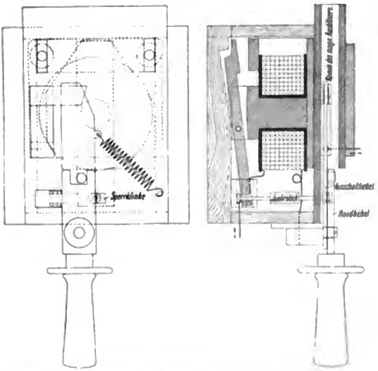
Der Lichtbogen wird in der bei den Reglern angegebenen Weise durch einen Magneten zum Erlöschen gebracht (Textabb. 299).

Die Schmelzstreifen bestehen aus Blei oder einer Zinnverbindung und erhalten an den beiden Enden feste Fassungen aus Rotguss.

Selbstausschalter. Die sog. Automaten beruhen auf magnetischer Auslösung eines Hemmwerkes (Klinke), der zufolge eine stark gespannte Feder den Ausschalthebel in Bewegung setzt. Der Lichtbogen wird bei diesen Ausschaltern stets durch einen Elektromagneten zum Erlöschen gebracht. Der Hebel besitzt einen Handgriff, mittels dessen er von Hand ein- und ausgeschaltet werden kann. Textabb. 300 stellt einen solchen Selbstausschalter in Grundlinien dar. Sind zwei Führerstände an einem Fahrzeuge, so ist auf jedem derselben ein Selbstausschalter anzuordnen, welche beide hintereinander liegen müssen (Textabb. 251).

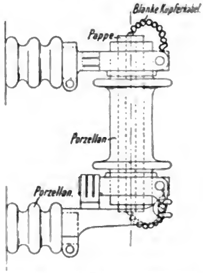
Die Selbstausschalter der Fahrzeuge sind im Gegensatze zu denen stehender Anlagen mit Gewichtsausgleich aller beweglichen Teile zu bauen, damit bei der Fahrt infolge der Bewegungen des Fahrzeuges keine unbeabsichtigte Auslösung erfolge. Ausserdem sollen sie thunlichst geringe Abmessungen und einen Abschluss des Funkenraumes von entzündbaren Gegenständen erhalten.

Abb. 300.



Selbstthätiger Höchststromausschalter der General Electric Co.
M. 1 : 4.

Abb. 301.



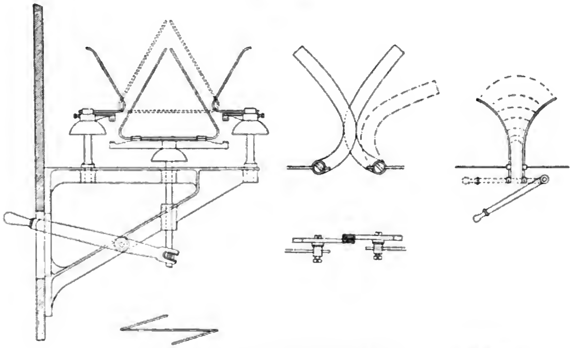
Schmelzsicherung für Hochspannung.
M. 1 : 5.

Selbstthätige Ausschalter haben bisher nur bei Gleichstrom bis etwa 750 Volt Verwendung gefunden. Bei Hochspannungsanlagen, die über 750 Volt nur mit Wechselstrom betrieben werden, begnügt man sich bis heute mit Schmelzsicherungen und Handausschaltern. Diese Schmelzsicherungen werden in der Regel als Röhrensicherungen gebaut; der Schmelzdraht ist in einer handgriffartigen Porzellan- oder Glasröhre (Textabb. 301) gebettet und mit zwei an den Enden der Röhre angeklemmten oder mit einem Kitte befestigten Metallstücken verbunden, die zugleich als Schneiden für die Anschlussösen dienen, sodass die Röhrenpatrone zwecks Erneuerung schnell aus der Leitung entfernt werden kann. Derartige Sicherungen können für Spannungen bis 20000 Volt gebaut werden.

Handausschalter. Dieselben unterscheiden sich von den üblichen Ausschaltern stehender Anlagen durch ihre Einkapselung und gedrängte Bauart, welche letztere magnetische Unterbrechung des Lichtbogens erfordert.

Handausschalter für hochgespannten Wechselstrom werden als Hörner-, Röhren- oder Ölausschalter gebaut. Die Hörnerausschalter (Textabb. 302) beruhen, wie die

Abb. 302.



Schuckert. Brown, Boveri & Co. Kummer.

Hörnerausschalter für Hochspannung.

gleichartig gebauten Blitzableiter, darauf, dass der Lichtbogen zwischen zwei nach oben auseinander gebogenen und unten mehr oder weniger nahe aneinander gerückten Drähten emporsteigt und an einem gewissen Punkte zerreisst. Sie können wegen der hohen Bauart und des Aufflammens des Lichtbogens im Fahrzeuge nicht untergebracht werden, und da ausserhalb desselben, etwa auf dem Dache, mit Rücksicht auf die Umgrenzungslinie des Fahrzeuges die Aufstellung meist unmöglich ist, können diese, in ihrer Wirkung von keinem andern Hochspannungsausschalter übertroffenen Hörnerausschalter bei Fahrzeugen nur eine beschränkte Verwendung finden.

Die Röhrenausschalter beruhen darauf, dass der Lichtbogen durch das Stromschlusstück in eine enge Röhre aus Isolationsstoff hineingezogen und darin zum Verlöschen gebracht wird. Die Röhrenausschalter halten nur eine beschränkte Anzahl von Ausschaltungen aus und bedürfen dann einer neuen isolierenden Auskleidung. Nach einer von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, angegebenen Bauart befindet sich am Mundstücke der Röhre ein Metallring, welcher zur Aufnahme der Wärme des Lichtbogens, mithin zum Schutze der Röhre bestimmt ist.

Ölausschalter bedürfen einer sorgfältigen Herstellung der Stromschlusstücke und eines reinen Öles zur Füllung. Sie beanspruchen wenig Raum und arbeiten sicher.

Eine bei voller Stromstärke schnell und sicher wirkende Ausschaltung des

Hochspannungsstromes kann durch Herabziehen des Stromabnehmers von der Leitung bewirkt werden. Um dies und das Wiederauflassen des Abnehmers vom Führerstande aus besorgen zu können, haben Ganz & Co., Pesth, bei den Fahrzeugen der mit Dreiphasenstrom von 3000 Volt betriebenen Valtellina-Bahn zum Auftriebe des Stromabnehmers Druckluft aus dem Behälter der Luftdruckbremse benutzt, die mittels eines einfachen Hahnes vom Führer leicht ein- und ausgelassen werden kann. Eine derartige Vorrichtung zum Ausschalten des Hochspannungsstromes erfordert zur Vermeidung eines Kurzschlusses genügend Abstand der Phasenleitungen voneinander und sollte nur in Notfällen bethätigt werden.

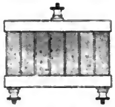
D. 5. Blitzschutzvorrichtungen.

Die Blitzschutzvorrichtungen der Fahrzeuge sollen den Übergang der Entladungen atmosphärischer Elektrizität in die elektrische Einrichtung der Fahrzeuge verhindern. Sie sind deshalb bei allen Bahnanlagen mit oberirdischen Stromzuführungen oder isolierten Bodenleitungen anzubringen. Sie sollen unmittelbar hinter dem Stromabnehmer und zwar noch vor den Sicherungsschaltern an die Leitung gelegt und hinter der Funkenstrecke auf möglichst geradem Wege, unter thunlichster Vermeidung scharfer Krümmungen und Ecken mit der Erde, d. h. dem Untergestelle, verbunden werden (siehe z. B. Textabb. 251 und 253).

Die Wirkungsweise der Blitzableiter beruht darauf, dass freie Strecken zwischen zwei oder mehreren Leitern in einen zur Erde führenden Nebenschluss der Hauptleitung gelegt werden; dieselbe bieten der Spannung des Betriebsstromes soviel Widerstand, dass ein Ausgleich mit der Erde auf diesem Wege unmöglich ist. Die hohen Spannungen der atmosphärischen Elektrizität dagegen bewirken eine Entladung der letzteren über diese Funkenstrecke hinweg. Die Gesamtisolation der ganzen elektrischen Einrichtung des Fahrzeuges gegen Erde muss hierbei für die atmosphärische Entladung mehr Widerstand bieten als die Funkenstrecke. Zur Verhütung des diesem Lichtbogen nachfolgenden Übertrittes des Betriebsstromes zur Erdleitung des Blitzableiters werden folgende Massregeln angewandt:

1. Man teilt die ganze Strecke in mehrere Teile, z. B. fünf, und schaltet zur Verringerung des mit der Entladung verbundenen Kurzschlusses ein oder zwei Körper hohen Widerstandes, z. B. aus Kohle, hinter diese Funkenstrecke. Derartige Blitzableiter sind von der Westinghouse El. & Man. Co. gebaut worden (Textabb. 303)[1]), wobei die Funkenstrecke aus etwa 50 mm langen und 15 mm starken, in kleinen Abständen voneinander stehenden, broncenen und an den Aussenseiten geriffelten Zylindern besteht. Auch die General Electric Co. baut ähnliche Blitzableiter.

Abb. 303.



Blitzableiter von Westinghouse.

2. Man löscht den Lichtbogen auf magnetischem Wege aus. Solche Vorrichtungen sind nur bei geringen Spannungen brauchbar.

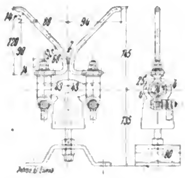
3. Man giebt der Funkenstrecke eine solche Form, dass der Lichtbogen alsbald nach seiner Entstehung sich selbst unterbricht. Dies wird durch die unter den

[1]) Eisenb. Techn. d. Gegenw. Bd. I, S. 678.

bekannten Blitzschutzvorrichtungen am sichersten wirkenden Hörnerblitzableiter (Textabb. 304) infolge einer elektrodynamischen und Wärme-Wirkung erreicht. Der Luftabstand beider Hörner muss der Betriebsspannung angepasst werden.

Es empfiehlt sich, neben der Funkenstrecke eine zweite zur Erde führende Leitung mit hohem Widerstande anzulegen, zu welcher sich die, allerdings in entsprechend isolierter Weise zu verlegende, bei Gewitter einzuschaltende Lampenleitung als geeignet erweist.

Abb. 304.



Hörner-Blitzableiter der E.-A. v. Schuckert & Co., Nürnberg. M. 2 : 15.

Man pflegt in die Hauptleitung dicht hinter deren Anschluss an den Stromabnehmer, jedoch hinter die Abzweigung der Blitzschutzleitung eine Drosselspule von hoher Selbstinduktion zu legen (z. B. nach Textabb. 251 oder 253), die der athmosphärischen Entladung einen wirksamen Widerstand bieten soll. Derartige Drosselspulen erhalten 15 bis 20 schrauben- oder schneckenförmige Windungen aus 10 bis 15 mm starkem Kupferdrahte.

Die vom Blitzableiter zur Erde führende Leitung soll in thunlichst weiten Abständen von metallenen Wagenbestandteilen auf kürzestem Wege zum Wagenuntergestelle geführt werden.

D. 6. Beleuchtung.

Die Beleuchtung elektrisch betriebener Fahrzeuge wird stets vom Betriebs strome aus durch Glühlampen bewirkt. Der Lampenstromkreis liegt im Nebenschlusse zur Hauptleitung. Die Summe aller hintereinander geschalteten Lampen entspricht der höchsten Spannung der Stromzuführung. In der Regel besitzt der Stromkreis bei 550 Volt grösster Netzspannung 5 hintereinander geschaltete Glühlampen zu je 16 N. K. und 110 Volt. Hiervon brennen 3 im Wageninnern und 2 als Signallampen, die entweder in den Kopfwänden der Wagen angeordnet und nach aussen farbig und nach innen weiss abgeblendet werden (Textabb. 305), oder auf dem Plattformdache Platz finden und dann nach vorne als farbige Signale und nach hinten zur Beleuchtung der Streckenschilder dienen (Textabb. 306). Bei

Abb. 305.

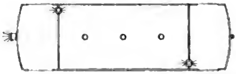
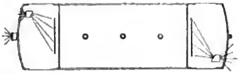


Abb. 306.

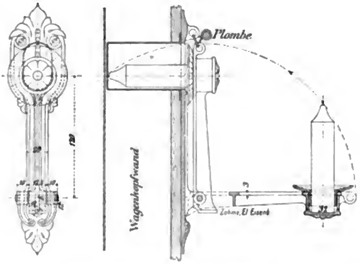


Wagenbeleuchtungen

reicherer Beleuchtung ist der Lampenstromkreis zu verdoppeln d. h. es sind zwei Lampengruppen zu je 5 Lampen nebeneinander zu schalten. Die Kopflaternen der Wagen können alsdann auch an die Leitung angeschlossen und fest und ausschaltbar oder umsteckbar ausgeführt werden, oder sie werden für Petroleum eingerichtet und ermöglichen dann die Einfügung einer weiteren Lampe in die Innenbeleuchtung. Die Signallampen werden in beiden Fällen gleich, und zwar entweder

wie in Textabb. 305 in den Kopfwänden oder nach Textabb. 306 auf den Plattformdächern angebracht. Als Notbeleuchtung ist bei rein elektrischer Beleuchtung eine Petroleum- oder Stearinlampe in irgend einer Ausführung unentbehrlich (z. B. nach Textabb. 307). Die Lampen im Wageninnern werden bei doppelten Stromkreisen versetzt angeordnet, damit auch bei Ausschaltung eines Stromzweiges noch eine gleichmässige Lichtverteilung erfolge (Textabb. 310). Auch kann man bei einfachem Stromkreise zwecks Erhöhung der Lampenzahl Glühlampen mit niedrigerer Spannung, z. B. 8 Lampen zu 65 Volt, anwenden (Textabb. 309).

Abb. 307.



Notlampe mit Stearinkerze.
Maschinenb.-Act.-Ges. Nürnberg. M. 1:4.

Der Lampenstromkreis zweigt hinter der Drosselspule der Hauptleitung ab und erhält einen eignen Ausschalter und eine eigne Sicherung (s. z. B. Textabb. 249 und 251). Die Lichtleitungen der Anhängewagen werden mittels biegsamer Kabelkupplungen K an die Leitung des Triebwagens angeschlossen (Textabb. 310).

Abb. 308.

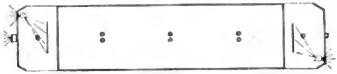
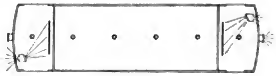


Abb. 309.



Wagenbeleuchtungen.

Die Lampen in Lokomotiven sind dem jeweiligen Lichtbedarfe entsprechend nach den hier angegebenen Grundsätzen anzuordnen.

Abb. 310.

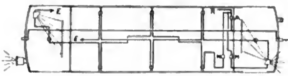
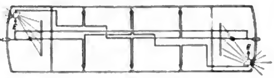


Abb. 311.



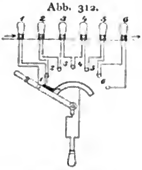
Wagenbeleuchtungen.

Infolge der Reihenschaltung der Lampen würde bei Beschädigung einer Lampe der zugehörige Lampenkreis ausser Thätigkeit treten. Zur schnellen Auffindung der verbrannten Lampe kann der von F. Uppenborn (1895) angegebene Lampensucher (nach Textabb. 307)[1]) dienen, bei dem ein Hebel über die mit den

[1]) Eisenb.-Techn. d. Gegenw., Bd. I, S. 681.

Lampenpolen verbundenen Knöpfe gleitet und eine Prüflampe nacheinander neben jede Lampe schaltet.

Abb. 312.



Lampensucher nach F. Uppenborn.

Die Lampen werden im Fahrzeuge fest eingebaut und erhalten zum Schutze der Glühfäden gegen Erschütterungen und Abbrechen Fadenstützen; dieselben müssen den Glühfaden fest umfassen und sind zweckmässig mit ihm zu verlöten.

In der Ausstattung der Innenlampen wurde früher ein beträchtlicher Luxus getrieben, der jedoch ersparnishalber jetzt allmählich verschwindet. Zu Glasglocken wird mit Vorliebe Eisglas verwendet.

D. 7. Kabelleitungen.

Die Leitungen zur Verbindung der elektrischen Vorrichtungen untereinander und mit den Motoren werden thunlichst zu Kabelbündeln vereinigt und in innen gummierte Hanfschläuche gezogen. Abzweigkabel werden nach Möglichkeit in gleicher Weise vereinigt und behandelt.

Die im oberen Teile des Wagens zu verlegende Leitung vom Stromabnehmer zu den Handausschaltern oder selbstthätigen Höchststromausschaltern werden auf dem Wagendache unter einem Streifen wasserdichten Segeltuches verlegt, der über die dicht nebeneinander zu ziehenden Kabel genagelt und aussen mit Dachfarbe überstrichen wird. Vom Dache herunter zum Fussboden wird das Kabel in Nuten verlegt, die in den Ecksäulen des Wagenkastens der ganzen Länge nach eingehobelt und später durch Deckleisten in der Holzart der Innenausstattung des Wagens abgedeckt werden. Das Blitzableiterkabel ist getrennt vom Hauptkabel auf möglichst geradem und kurzem Wege zum Wagenuntergestelle zu führen.

Die Befestigung aller Kabel, auch der Kabelschläuche, soll durchweg an Holz und nicht an eisernen Wagenteilen erfolgen. Wo Holzteile nicht vorhanden sind, soll das Eisen dem Kabel entlang durch angeschraubte hölzerne Bretter verkleidet und das Kabel erst auf diesen befestigt werden. Hierzu sind nur hölzerne Klammern oder Schellen zu verwenden. Alle diese Hölzer sind gegen Fäulnis und zur bessern Isolation vorher mit heissem Leinöle zu streichen.

Über die Stärke der Leitungen bei Spannungen bis 1000 Volt schreiben die Sicherheitsvorschriften des V. D. E. vor:

„Der Querschnitt aller Leitungsdrähte innerhalb des Fahrzeuges mit Ausnahme der Fahrstromleitungen [1]) ist nach der Regelstromstärke der vorgeschalteten Sicherung laut nachfolgender Zahlentafel oder stärker zu bemessen:“

[1]) Diese Fassung ist unklar. Sollen die dem Motor zugeführten Leitungen von der Bestimmung ausgeschlossen sein, so ist nicht verständlich, dass andre Leitungen, z. B. Lichtleitungen, eine besondere Behandlung verlangen und dass die Zahlentafel bis zu 330 Amp. Stromstärke aufgestellt wurde.

Querschnitt	Regelstromstärke der Sicherung	Querschnitt	Regelstromstärke der Sicherung
qmm	Amp.	qmm	Amp.
0,75	4	35	90
1,00	6	50	100
1,50	10	70	130
2,50	15	95	165
4,00	20	120	200
6,00	30	150	235
10,00	40	185	275
16,00	60	200	330
25,00	80		

Die hiernach ausgeführten Leitungen fallen bei Fahrzeugen durchweg zu stark aus. Die Betriebssicherheit lässt mit Rücksicht auf die kurze Dauer der grossen Stromstärken im Bahnbetriebe unbedenklich grössere Querschnitte zu.

Von den Sicherheitsvorschriften des V. D. E. für Spannungen bis 1000 Volt sind für Leitungsverlegung in Fahrzeugen noch folgende Punkte beachtenswert:

„Die Leitungen müssen ausser einer Gummihülle auch noch eine Hülle aus faserigem Stoffe erhalten. In vulkanisierter Gummiisolierung ist der Leiter zu verzinnen. Blanke Leitungen sind isoliert zu verlegen und gegen Berührung zu schützen. Die Leitungsisolation darf durch die Wärme benachbarter Widerstände nicht gefährdet werden. Die Leitungen dürfen den Fahrgästen nicht zugänglich sein. Leitungen sind nur durch Verlöten oder Verschraubungen untereinander zu verbinden. Die Verbindungsstellen sind zu isolieren. Die Schrauben der Leitungsanschlüsse sind zu sichern. Kabelschläuche sind an den Enden wasserdicht abzuschliessen und ihre Einzelkabel gegen Verschiebungen gesichert zu verlegen. Kuppelungsleitungen zwischen zwei Fahrzeugen müssen ausser dem Bereiche zufälliger Berührung durch Fahrgäste liegen. Ausgelöste Kuppelungen dürfen nach aussen keine blanken Teile besitzen."

II. E. Speicher.

E. I. Allgemeines.

Speicherbetrieb ist von jeher als Ideal des elektrischen Bahnbetriebes angestrebt worden und hat eine Entwicklung gezeitigt, die erst in neuerer Zeit einen vorläufigen Abschluss fand. Die Unabhängigkeit der Fahrzeuge voneinander und von der Stromzuführung, sowie der Fortfall der letztern erscheinen zwar sehr verlockend, müssen jedoch durch die beschränkte Betriebsfähigkeit des geladenen Fahrzeuges erkauft werden. Die Strassenbahnen, welchen der Speicherbetrieb seitens der Behörden an Stelle des Oberleitungsbetriebes auf der ganzen Strecke oder nur auf Teilstrecken aufgenötigt wurde, haben es verstanden, seine der Öffentlichkeit fühlbaren Nachteile so sehr ins Licht zu rücken, dass er jetzt von den wenigen Stellen seiner Anwendung allmählich ganz verschwindet. Mit Rücksicht auf die mit unzutreffenden Annahmen und Unterlagen aufgestellte, sich im Laufe der Zeit als ungünstig heraus-

stellende Wirtschaftlichkeit der Bahnbetriebe dieser Art ist der jetzt vielenorts von staatlichen Behörden verfügte Ersatz der Speicher durch oberirdische Stromzuführung gerechtfertigt. Es seien hier als Beispiele Berlin, Hagen und Hannover genannt. Die technische Seite des Speicherbetriebes aber hat hierunter mit Unrecht gelitten. Sie ist heute zweifellos auf die Stufe der Vervollkommnung gelangt, die allen Ansprüchen der Betriebssicherheit gerecht wird, kann allerdings nur dort zur Geltung kommen, wo guter Wille der Pflege zu Grunde liegt. Wirtschaftlich ist der Speicherbetrieb an gewisse Bedingungen gebunden. Dieselben bestehen in geringem, aber regelmässigem Wagenverkehre Ausnutzung einer vorhandenen Stromerzeugungsanlage und in einer an Grösse und Gewicht des Speichers nicht allzu hohe Anforderungen stellenden Streckenlänge. Auf Strassenbahnen kann der reine Speicherbetrieb daher nur bei mehrmaliger Wagenfüllung [1]) nutzbringend sein. Bei Anlagen, welche den Speicherbetrieb nur auf einem Teile der ganzen Fahrstrecke benutzen, macht sich die Erhöhung der Betriebskosten gegen oberirdische Leitung natürlich entsprechend weniger geltend.

Das Hauptgebiet des Speicherbetriebes bilden Fabrikbahnen und die Vorortslinien der Hauptbahnen. Für letztere dienen als Beispiele der Speicherbetrieb der Omnibuszüge der Kgl. Bayer. Pfälzischen Eisenbahnen mit den Strecken Ludwigshafen-Worms und Ludwigshafen-Neustadt, welcher, auf Anregung von Gayer im Jahre 1897 eingeführt [2]), seit dieser Zeit störungsfrei und wirtschaftlich zufriedenstellend arbeitet, nebst den nach diesem Muster eingerichteten Betrieben der Grossherzogl. Bad. Staatsbahnen (Karlsruhe-Graben) und der Kgl. Bayer. Staatsbahn (Augsburg-Haunstetten). In allen diesen nach der Bauart der E.-A. vormals Schuckert & Co., Nürnberg hergestellten Anlagen wird die Speicherladung durch die Stromerzeugungsanlage der elektrischen Bahnhofsbeleuchtung bewirkt.

Für Grubenbahnen ist Speicherbetrieb zwar sehr erwünscht, aber nur dort geeignet, wo trotz der beschränkten Licht- und Raumverhältnisse eine sorgsame Überwachung stattfindet.

Fabrikbahnen mit spärlichem Betriebe und knapper Stromerzeugungsanlage werden mit Vorteil durch Speicher betrieben. Die Ladung der letzteren erfolgt ausserhalb der Arbeitszeit durch die vorhandene elektrische Anlage. Hierunter sind auch die Verschiebelokomotiven der Strassenbahnen zu zählen, die auf kurzen, von der oberirdischen Stromzuführung ausgeschlossenen Strecken die Fortschaffung der im übrigen nur für Oberleitung zugeschnittenen Fahrzeuge übernehmen (München, Schillermonument-Galleriestrasse). So sehr auch eine derartige Betriebsweise von den Unternehmern einer Bahnanlage verurteilt werden mag, so hat sie sich doch als sicher und wirtschaftlich, wenn auch letzteres nicht wie bei der an ihrer Stelle angestrebten, billigeren oberirdischen Stromzuführung, erwiesen.

E. 2. Wirkungsweise, Bauart und Aufstellung der Speicher.

Bei den zahlreichen Versuchen in der Zusammensetzung von Speichern, welche letztere sich in den Elektroden und dem Elektrolyte voneinander unterscheiden, hat

[1]) S. Eisenb.-Techn. d. Gegenw. Bd. III, S. 549.
[2]) S. Glasers Annalen 1901, S. 114.

der Bleispeicher allein sich behaupten können. Seine Brauchbarkeit beruht auf dem Vermögen des Bleies, Superoxyd zu bilden und auf der Unlöslichkeit des Bleies im Elektrolyte, einer verdünnten reinen Schwefelsäure. Auf Grund dieser Erkenntnis baute Planté 1879 die ersten brauchbaren Speicher.

Über die chemischen Vorgänge in diesem für alle gebräuchlichen Speicher der Jetztzeit vorbildlich gewesenen Speicher besteht eine allgemein anerkannte Ansicht noch nicht [1]. Von besonderen Begleiterscheinungen abgesehen, kann man den Vorgang der Ladung so auffassen, dass sich infolge der Zersetzung des Bleisulfates ($PbSO_4$) und des Wassers (H_2O) Schwefelsäure (H_2SO_4) bildet, wobei der freiwerdende Sauerstoff das Bleioxyd (PbO) der positiven Platte in Bleisuperoxyd (PbO_2) umwandelt und das freiwerdende Blei (Pb) sich an der negativen Platte als metallisches Blei in poröser, schwammiger Form niederschlägt. Der Vorgang der Entladung besteht hiernach in der Zersetzung des Bleisuperoxyds in Bleioxyd; der freiwerdende Sauerstoff verbindet sich mit dem Wasserstoffe der Schwefelsäure zu Wasser und der Rest (SO_4) mit dem Bleie der negativen Platte zu Bleisulfat. Nimmt bei der Ladung die positive Platte keinen Sauerstoff mehr auf, so entweicht derselbe ins Freie; diese Gasbildung, Kochen oder Gasen genannt, zeigt das Ende der Ladung an. An der negativen Platte tritt hierbei freiwerdender Wasserstoff auf.

Die Aufspeicherung des Stromes erfolgt also unter Umwandlung des elektrischen Arbeitsvermögens in chemisches, und die Wiedergewinnung des Stromes unter Vollziehung des umgekehrten Vorganges. Die Träger der Umbildung sind die Schwefelsäure und die sog. aktive Masse der Elektroden, während der Bleikern der letzteren nur zur Leitung und für den Übergang des Stromes zur aktiven Masse dient. Als aktive Masse der positiven Platte des geladenen Speichers sieht man heute Bleisuperoxyd, der negativen Platte aufgelockertes, poröses, schwammiges Blei an. Die an der negativen und zum geringen Teile auch an der positiven Platte auftretende Sulfatbildung wird als Nebenerscheinung betrachtet.

Die Bildung der wirksamen (aktiven) Masse erreichte Planté durch oft wiederholtes, monatelanges Laden und Entladen, anfänglich in wechselnder, später in gleichbleibender Stromrichtung, wodurch die positive Platte mehr und mehr aufgelockert und zu starker Oxydation geeignet gemacht wurde. Für die negative Platte war diese Vorbereitung weniger vorteilhaft.

Die Langwierigkeit dieser sog. Formierung des Speichers stand der Herstellung hindernd im Wege und veranlasste 1881 Faure zur künstlichen Auftragung der wirksamen Masse auf die Bleiplatten. Diese Massespeicher fanden in der Elektrotechnik schnell Eingang und wurden auch bei den ersten Fahrzeugen mit Speicherbetrieb benutzt. Die Bleiplatten erhielten in ihrer Eigenschaft als Träger der lose aufgestrichenen wirksamen Masse eine Gitter- und Riffelform. Nach diesem Verfahren entstand im letzten Jahrzehnte eine grosse Anzahl Speicher; es hat indes den Nachteil, dass die wirksame Masse leicht abbröckelt und niedersinkt, wobei die Platten unten zum Kurzschlusse kommen, sich „werfen", d. h. krümmen, und gegenseitig berühren. Nur durch sehr sorgfältige Herstellung und langsame Entladung und Ladung mit

[1] Unter den einschlägigen Arbeiten seien hier genannt: Darrieus, Bulletin de la Sé. Int. d'El. 1892; E. Hoppe, Die Acc. für Elektr. 1898; K. Elbs, Die Accumulatoren; Liebenow, Zeitschr. f. Elektrochemie 1896, sowie die Elektrotechn. Zeitschr., Berlin, Jahrg. 1882 bis heute.

nicht übermässigen Stromstärken kann das verhütet werden. Da die letztern Vorsichtsmassregeln sich aber mit dem Bahnbetriebe schwer vereinigen lassen, gingen einige Bauanstalten dazu über, für die positiven Platten wieder die Plantésche Zurüstung, d. h. die reine Stromwirkung, anzuwenden, eine starke Aufnahmsfähigkeit der Platte aber durch Vergrösserung ihrer Oberfläche zu erreichen. Die negativen Platten wurden nach wie vor als Gitterplatten mit einem starken Auftrage wirksamer Masse gebaut. Die auf diese Weise u. a. von der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft, Berlin, der Erbauerin des Tudor-Speichers [1]), hergestellten Speicher haben im Bahnbetriebe eine verbreitete Anwendung gefunden. Die Zurüstung der positiven Platte wurde durch Anwendung besonderer Zusätze zum Elektrolyte auf wenige Tage abgekürzt. Die Ladung des erschöpften Speichers kann in einer Stunde vor sich gehen, sodass eine Herausnahme des Speichers aus dem Fahrzeuge zur Ladung nicht nötig ist.

Besonderes Augenmerk ist bei der Herstellung des Speichers auf genügend starken Bleikern der Platten zu richten, wenn anderseits die Platte nicht schnell verfallen soll. Ein geringes Gewicht ist deshalb nicht ohne weiteres das Merkmal eines guten Speichers. Bei einstündiger Entladung kommen auf 1 Amp/Std etwa 0,27 kg, bei zweistündiger Entladung etwa 0,20 kg Gewicht der fertigen Zelle.

Die Bleiplatten werden in Gefässen (Zellen) aus Ebonit oder einem andern säurebeständigen Stoffe, z. B. mit Bleiblechen ausgekleideten, hölzernen Kästen, nebeneinander aufgehängt und durch Glasstäbe vor gegenseitiger Berührung geschützt; sie stehen vom Boden des Gefässes 40 bis 50 mm ab. Die gleichartigen Platten werden an ihren als Verlängerung herausgeführten, sog. Fahnen untereinander verbunden. Diese Verbindungsstege der einzelnen Zellen werden gleichfalls je nach der Schaltungsart, meist in Reihe, untereinander verbunden. Die sämtlichen Verbindungen pflegt man als Bleilötungen auszuführen. Die bei Fahrzeugen trotz sorgfältiger Aufstellung der Zellen häufig vorkommenden Fahnenbrüche werden durch die von Staby bei den Speicherwagen der Kgl. Bayer. Pfälz. Eisenbahnen eingeführten geschraubten Verschlüsse (Textabb. 314) vermieden.

Die Zellen stellt man vereint oder aus Gründen besserer Isolation und leichteren Ausbaues schadhafter Zellen in einigen Gruppen in die Speichertröge, in hölzerne Kästen aus nur durch Verzinkung zusammengefügten, je nach Grösse 25 bis 40 mm starken Brettern von harzreichem Kiefernholze oder pitch pine. Die säurebeständige und zugleich isolierende Auskleidung dieser Speichertröge ist für die gute Wirkungsweise des Speichers von Bedeutung. Nach einem von den Kgl. Bayer. Pfälz. Eisenbahnen in ihrem Speicherbetriebe eingeführten Verfahren werden die Tröge aus pitch-pine-Holz innen zuerst mit heissem Leinöle und dann mit sog. Isolacit [2]) gestrichen. Hierauf wird der Boden (Textabb. 313) mit einem Belage besten Linoleums [3]) ausgelegt, das ringsherum etwa 20 mm hoch in Ausspar-

[1]) Der Tudor-Speicher wurde durch eine gemischte Zurüstung der positiven Platte und zwar nach anfänglicher, einige Wochen andauernder Planté scher und nachfolgender Faurescher Art hergestellt. Sie erwiesen sich im Bahnbetriebe, wie eine grosse Anzahl von Ausführungen bewies, als verwendbar.

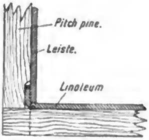
[2]) Von R. Bäumcher & Co. in Dresden.

[3]) Sog. Zeichentisch-Linoleum der Linoleumfabrik Maximiliansau in Maximiliansau (Rheinpfalz).

ungen der Seitenwände aufgebördelt wird. Über diesen Rand werden sodann mit Isolacit die senkrecht stehenden Leisten aufgeklebt, an welche sich die Zellen unmittelbar anlehnen.

Die Zellen müssen durch zeitweise nachzutreibende Holzkeile eng aneinander gepresst werden, damit sie bei der Fahrt sich nicht losrütteln. Die früher aus dem Boden der Speichertröge herausgeführten Säureabflussrohre aus Blei lässt man heute fort und entfernt die überspritzende Säure aus den Trögen zeitweilig mittels einer geeigneten Spritze.

Abb. 313.

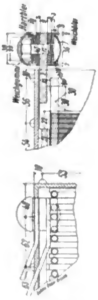


Auskleidung eines Speichertroges.

Die Anordnung der Zellen in einem Troge hat so zu erfolgen, dass zwischen benachbarten Zellen möglichst geringe Spannungsunterschiede bestehen.

Die Tröge werden bei Triebwagen unter den Sitzbänken (Textabb. 99 und 120), bei Lokomotiven in den Seitenkammern aufgestellt (Textabb. 157). Ihre Aufhängung unter dem Wagenkasten ist mit Rücksicht auf die schwierige Beaufsichtigung und Unterhaltung nicht ratsam; noch weniger ist die Aufstellung der Tröge in mehreren Stockwerken übereinander zu empfehlen. Die Zugänglichkeit der Zellen ist für die Speicherpflege erste Bedingung. Bei sorgfältiger Abdichtung der Trogdeckel (Sitzbänke) mittels Gummiringe und bei Ladung der Speicher ausserhalb der Fahrt ist erfahrungsgemäss eine Belästigung der Fahrgäste durch Säuredämpfe ausgeschlossen[1]).

Abb. 314.



Geschraubter Fahnenverschluss nach Staby. M. 1 : 5.

Die Speichertröge der auf minder gut gepflegten Gleisen laufenden oder starken Stössen (Verschiebedienst) ausgesetzten Fahrzeuge werden zweckmässig nicht unmittelbar, sondern unter Zwischenfügung breiter Gummistreifen von 15 bis 20 mm Stärke auf das Fahrzeug gesetzt.

An zwei einander gegenüber liegenden Seiten der Speichertröge sind starke, eiserne Bänder mit Augen zum Herausheben der Tröge anzubringen.

E. 3. Berechnung und Behandlung der Speicher.

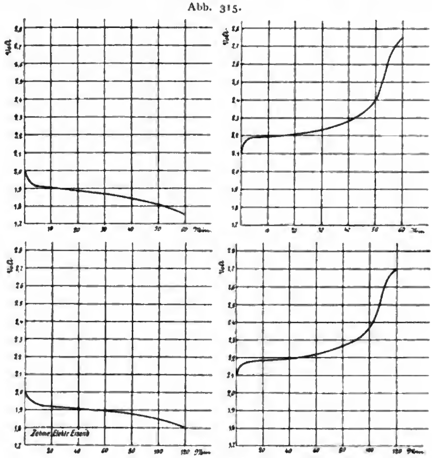
Zur Bestimmung der Speichergrösse ist das elektrische Arbeitsvermögen für die mit einer Ladung zurückzulegenden Fahrten des Fahrzeuges oder Zuges in KW-Std zu berechnen. Man geht hierbei von den Zugkräften am Umfange des Triebrades der Lokomotive oder des Triebwagens aus, führt diese Werte durch Teilung mit dem Übersetzungsverhältnisse unter Berücksichtigung des jeweiligen Wirkungsgrades des Triebwerkes auf die Zugkraft des Motors zurück und ermittelt aus der Leistungslinie (Charakteristik) des Motors die zugehörigen Stromstärken und Fahrgeschwindigkeiten bezw. Fahrzeiten. Daraus ergeben sich die Amp-

[1]) S. auch Glasers Annalen, 1901, S. 114.

Stdn (Kapazität). Die mittlere Entladespannung ist zu 1,85 Volt für die Zelle anzunehmen. Für Anfahrten ist ein entsprechender Zuschlag zu machen, falls in wichtigen Fällen ihr Arbeitswert nicht unmittelbar durch Rechnung bestimmt werden muss. Zum Gesamtverbrauche ist dann noch ein Zuschlag von 15 bis 40 v. H. für sog. Kapizitätsnachlass und unvorhergesehene Leistungen zu machen. Die Wahl des Speichers erfolgt auf Grund der von den Bauanstalten herausgegebenen Listen, wobei die thatsächliche Leistung des Speichers und zur Vermeidung unnötigen Speichergewichtes nicht ein aus Sicherheitsgründen seitens der Bauanstalt etwa zu tief angegebener Leistungswert des Speichers einzusetzen ist.

Auf völlige Entladung, die in der Regel bis 1,7 Volt für die Zelle getrieben werden kann, darf nicht gerechnet werden. Es ist vielmehr ein Vorrat von mindestens 15 v. H. der Leistung des Speichers nach Beendigung der einer Ladung entsprechenden Fahrten anzunehmen. Der jeweilige Zustand des Speichers bei der Ladung und Entladung für ein- und zweistündige Ladung und Entladung geht aus Textabb. 315 her-

Abb. 315.



Entlade- und Ladespannung eines Grossoberflächen-Speichers der Acc.-Fabr. Aktienges., Berlin.

vor. Die Entladung beginnt mit 2,0 Volt, sinkt sehr rasch auf etwa 1,92 Volt und nimmt allmählich bis etwa 1,8 Volt ab. Hierbei ist als untere Spannungsgrenze 1,7 Volt anzusehen. Bei Beginn der Ladung beträgt die Spannung 2,1 Volt, steigt schnell auf 2,2 Volt und dann allmählich auf 2,3 Volt, um sich dann wieder schnell auf 2,7 bis 2,75 Volt zu erheben. Hiernach ist die Zellenzahl zu bestimmen. Die Lad-

ung kann, wenn vorteilhaft, in zwei nebeneinander geschalteten Reihen vorgenommen werden, wobei in jeden Ladestromkreis ein Strommesser, Ladewiderstand und Ausschalter zu legen sind, um die Speichergruppen mit annähernd gleichen Stromstärken laden zu können.

Die Entladung der Speicher erfolgt, wie unter Regelung angegeben, unter Hintereinanderschaltung sämtlicher Zellen.

Dient die Stromerzeugungsanlage nur zur Speicherladung, so kann die Ladespannung der jeweiligen elektromotorischen Gegenkraft der Zelle entsprechend mittels des Nebenschlusses allmählich erhöht werden. Bei gleichbleibender Spannung der Ladeleitung wird die Zellenzahl aus der Teilung derselben durch 2,75 ermittelt und anfangs der Ladung ein Widerstand vorgeschaltet. Im späteren Verlaufe der Ladung hat die allmählich abnehmende Ladestromstärke einen entsprechend geringeren Spannungsverlust zur Folge, sodass ohne Vorschaltwiderstand auszukommen ist.

Bei Bestimmung der Speicherleistung (Kapazität) ist zu beachten, dass häufige Ladungen oder einmalige langandauernde Ladung mit geringen Stromstärken auf die Lebensdauer und den Wirkungsgrad (70 bis 75 v. H.) der Speicher von günstigerem Einflusse sind als seltene und kurze Ladungen mit hohen Stromstärken. In der Regel rechnet man die Ladezeit gleich der Entladezeit. Die Erschöpfung einer Speicherreihe ist am Spannungsmesser zu erkennen; die Gesamtspannung darf den 1,7fachen Wert der Speicherzahl nicht unterschreiten. Neben dem Voltmesser ist im Gesichtsfelde des Führers auch ein Strommesser zur Verhütung der Überschreitung der grösstzulässigen Stromstärke unentbehrlich, da auch eine solche zum raschen Verfalle der wirksamen Masse der Platten beitragen würde. Die Messvorrichtungen im Fahrzeuge müssen federnd aufgehängt und schwingungsfrei sein. Für den ruhenden, d. h. nicht stromabgebenden Speicher ist die zwischen den Endklemmen abgelesene Spannung für den Ladezustand nicht massgebend; hierfür dient nur die mit der Entladung im Verhältnisse abnehmende Säuredichte, die sich mittels eigener Messer schnel ermitteln lässt.

Für die Unterhaltung der Speicher, von welcher in erster Linie die Durchführung eines störungsfreien Betriebes abhängt, sind folgende Vorschriften zu beachten:

Jede, wenn auch geringfügige, Beschädigung des Speichers, seiner Zellen, Fahnenverbindungen u. s. w. ist sofort nach Wahrnehmung zu beseitigen. Die Speicher sind auf derartige Beschädigungen hin bei jeder Ladung zu untersuchen. Monatlich ist eine besonders gründliche Untersuchung vorzunehmen. Bequemlichkeit und Nachlässigkeit in der Speicherpflege machen sich alsbald in grösseren Fehlern, Betriebsunterbrechungen und kostspieligen Wiederherstellungen fühlbar.

Eine entladene Speicherreihe muss thunlichst bald, mindestens aber innerhalb 24 Stunden wieder geladen werden.

Die Ladung hat bis zur Gasentwicklung an beiden Platten zu erfolgen, was, wie oben bemerkt, bei 2,7 bis 2,75 Volt Zellenspannung der Fall ist. Sie soll in regelmässigen Zeiträumen, etwa alle Vierteljahre, 1 bis 2 Stunden über den Eintritt des Gasens hinaus vorgenommen werden. Zu weit entladene Speicher bedürfen dieser andauernden Überladung sofort; ausser Betrieb stehende Speicherreihen müssen sich

im geladenen Zustande befinden und sind bei langen Betriebspausen auch dann in regelmässigen Zeiträumen, etwa monatlich, nachzuladen. Kurze Betriebspausen dienen dem Speicher zur „Erholung“, und seine Spannung steigt hierbei um geringe Beträge.

Die Ladung hat in allen Zellen gleichmässig zu erfolgen. Zurückbleibende Zellen, welche später oder gar nicht zur gleichmässigen und kräftigen Gasentwicklung kommen, sind fehlerhaft und haben in der Regel Kurzschluss; die betreffende Zelle ist, falls der Kurzschluss nicht sofort beseitigt werden kann, zu entfernen und, wenn möglich, durch eine neue zu ersetzen. Wöchentlich einmal ist jede Zelle während der Gasentwicklung auf Spannung zu messen. Zellen von geringerer Spannung als 2,3 Volt sind zu untersuchen und gegebenenfalls durch neue zu ersetzen.

Die Säure soll chemisch rein, also frei von fremden Bestandteilen, insbesondere Chlor sein und darf ein spez. Gewicht von höchstens 1,19 haben. Darüber hinaus ist bis zu dieser Dichte destilliertes Wasser nachzufüllen. Die Dichte ist am geladenen Speicher zu messen. Sinkt sie unter 1,16, so ist verdünnte Säure von 1,18 Dichte nachzufüllen.

Bei guter Wartung in hier angegebener Weise beträgt die Lebensdauer der Platten mindestens 15000 Wagenkilometer. Man hat aber bei günstigen Betriebsbedingungen, gleichmässigen Bewegungswiderständen, guten Entladungs- und Ladungsverhältnissen 50000 Wg/km Leistung der positiven Platten wahrgenommen (Kgl. Bayer. Pfälz. Eisenbahn). Unbrauchbare Platten werden durch neue ersetzt; das anfallende Bleisuperoxyd kann annähernd zu Bleipreisen verwertet werden. Die negativen Platten bedürfen erst nach etwa 40000 km eines neuen Auftrages der wirksamen Masse. Die Speicherleistung geht mit zunehmender, zeitlicher Beanspruchung der Platten zurück, und zwar pflegt man als Mindestwerte nach 15000 Wg/km Leistung bei der positiven Platte noch 75 v. H. und bei der negativen Platte 50 v. H. der verbürgten anfänglichen Speicherleistung anzunehmen.

Buchstäblich geordnetes Inhaltsverzeichnis.

Wörter, welche hier nicht gefunden werden, sind auch unter der auf S. XI angegebenen Bezeichnung zu suchen.

Wörter, welche hier nicht gefunden werden, sind auch unter der auf S. XI angegebenen Bezeichnung zu suchen.

Wörter, welche hier nicht gefunden werden, sind auch unter der auf S. XI angegebenen Bezeichnung zu suchen.

Wörter, welche hier nicht gefunden werden, sind auch unter der auf S. XI angegebenen Bezeichnung zu suchen.

Druck der Königl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Abb. 1. **Abb. 2.**

Grundformen der Untergestelle zu Triebwagen.

(Text S. 7)

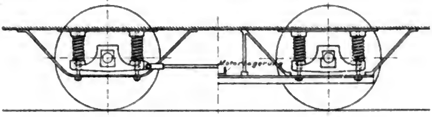


Abb. 3. **Abb. 4.**

Untergestelle der **Bemis Car Box Co.** Springfield Mass.

(Text S. 7.)

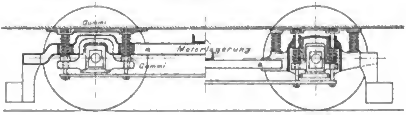


Abb. 5. **Abb. 6.**

Untergestelle der Triebwagen der **Strafsen-Eisenbahngesellschaft** in **Hamburg**.

("West End" Bauart) (Text S. 7 u. 8.)

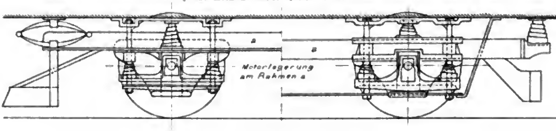


Abb. 7.

Untergestell der **Brill Co.** Philadelphia.

(Text S. 7 u. 8.)

Abb. 8.

Untergestell der **Mc. Guire Mfg. Co.** Chicago.

(Text S. 7 u. 8.)

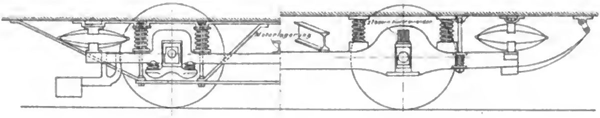


Abb. 1.

Untergestell der **American Car Co**, St. Louis.

(Text S. 7 u. 8.)

Abb. 2.

Untergestell der **Peckham Truck Co**, New York.

(Text S. 7 u. 8.)

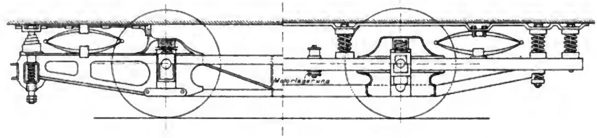


Abb. 3.

Untergestell „Berolina" der **Berg. Stahl-Jnd.** Remscheid.

(**Bauart der St. Louis Car Co**) (Text S. 7 u. 8.)

Abb. 4.

Untergestell der **Baltimore Car Wheel Co.**

(Text S. 7 u. 8.)

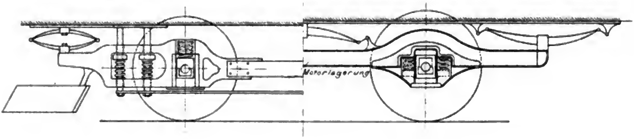


Abb. 5.

Abb. 6.

Untergestelle der **Masch.-Act.-Ges. Nürnberg** und **E. A. v. Schuckert u. Co, Nürnberg**.

(Text S. 9.)

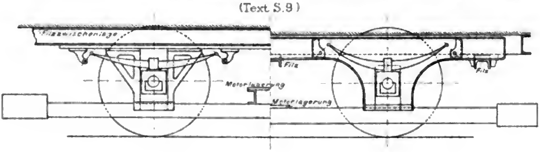


Abb. 7.

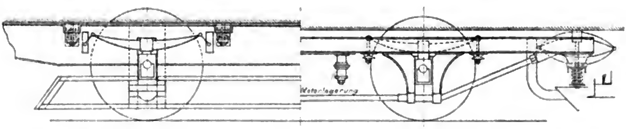
Untergestell der **Schweizer. Jnd. Ges.** Neuhausen

(Text S. 9.)

Abb. 8.

Untergestell der **Taylor Electric Truck Co**, Troy N. Y.

(Text S. 10.)

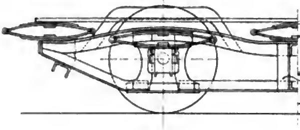


C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

Abb. 1.
Untergestell der **Elektr. Werke A.-G.**
v. Kummer u. Co. Dresden
(Text S. 10)

Abb. 2.
Untergestell Bauart **Dupont**,
The Johnson Comp., Johnstown Pa.
(Text S. 10)



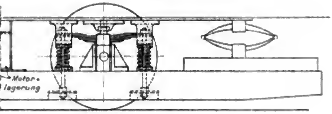
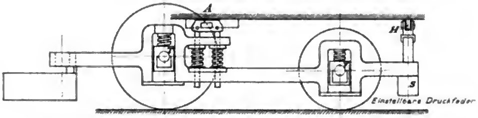


Abb. 3.



Drehgestell mit ideellem Drehpunkte und ungleichen Achsdrucken.
(Maximum traction truck)
der **J. G. Brill Co.** Philadelphia M. 1 : 30.
(Text S. 10)

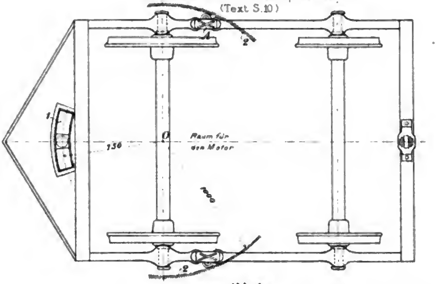
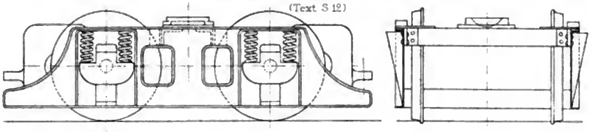
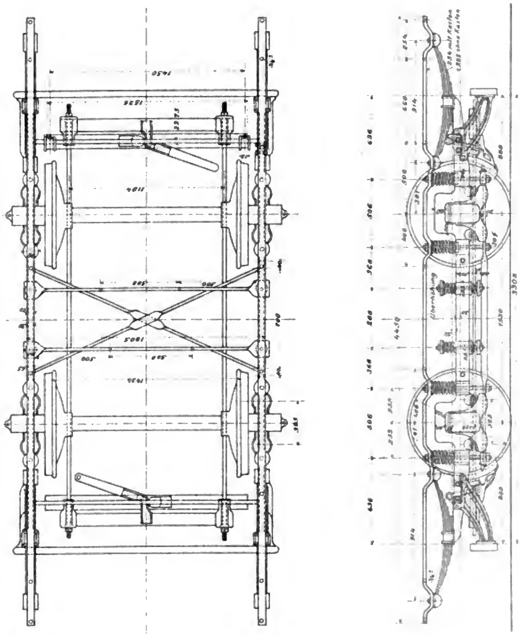


Abb. 4.
Drehgestell mit festem Querstücke und gleichen Achsdrucken.
Aachener Ueberlandbahnen M. 1 : 30.
(Text S. 12)



Untergestell der J.G. Brill Co, Philadelphia M 1:30.

(Text S 7,8 u 14)



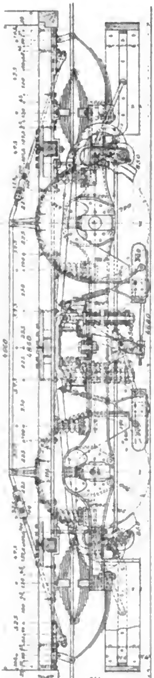
C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

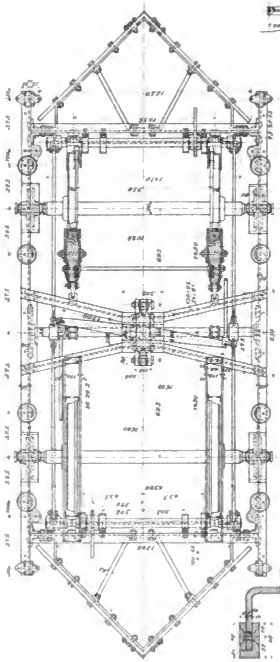
Untergestell

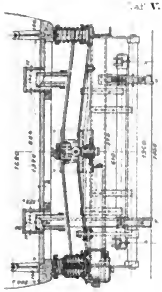
für die Strafsenbahn Genua
nach der Bauart Mc. Guire
ausgeführt von
Miani Silvestri u. Co. Mailand

M 1:30.

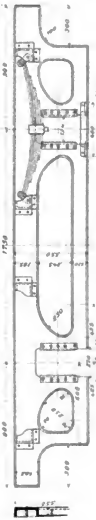
(Text S. 7, 8 u. 14.)





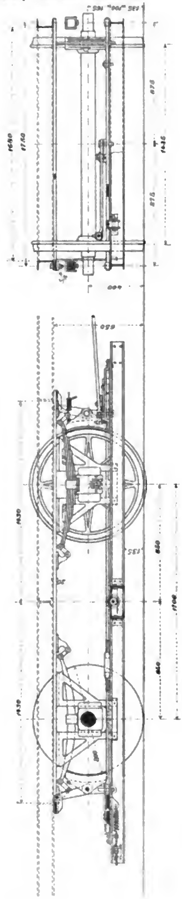






Geprefster Untergestellrahmen
M 1:30 (Text S. 14.)

C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Untergestell

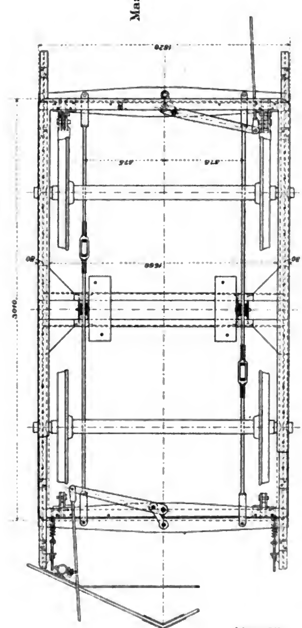
der

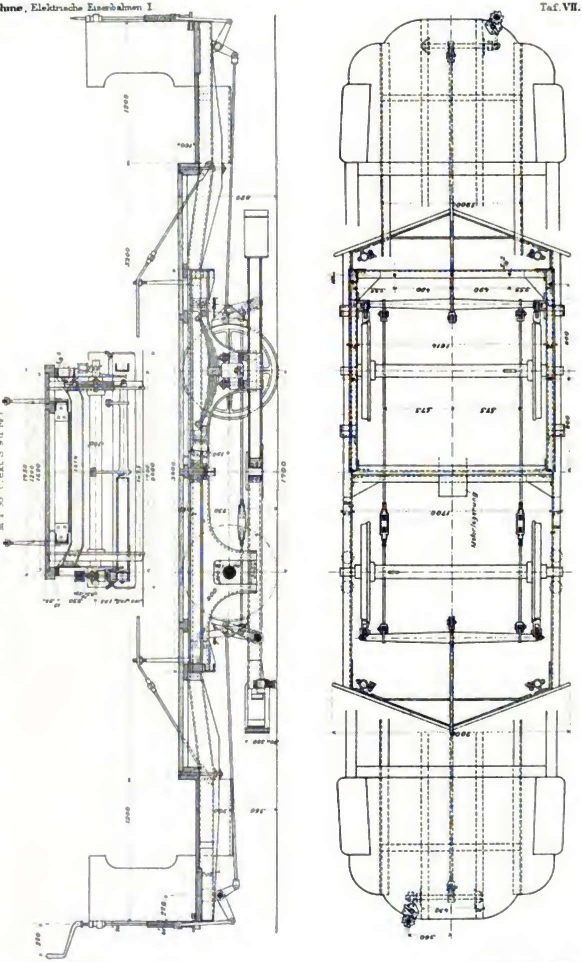
Masch.-Act.-Ges. und E.A.v. Schuckert u.Co.

Nürnberg.

M. 1:30

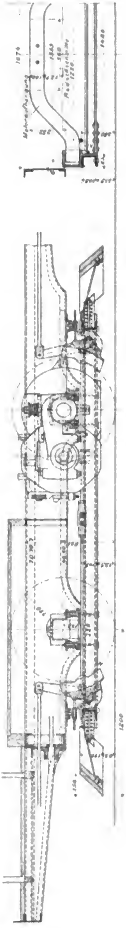
(Text S. 9.)





Untergestell der Masch.-Act.-Ges. und E.A.v. Schuckert u. Co. Nürnberg
M 1:30 (Text S 9 u 14)

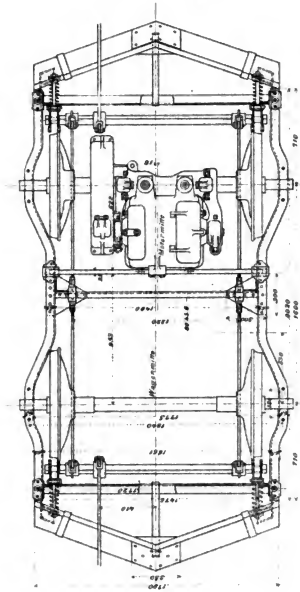
C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt



Untergestell der Straßenbahn Bergamo ausgeführt von Miani Silvestri u.Co, Mailand.

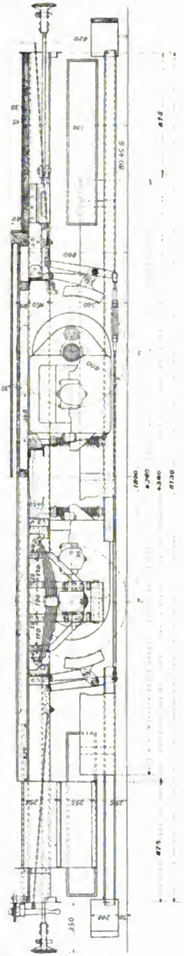
M 1:30

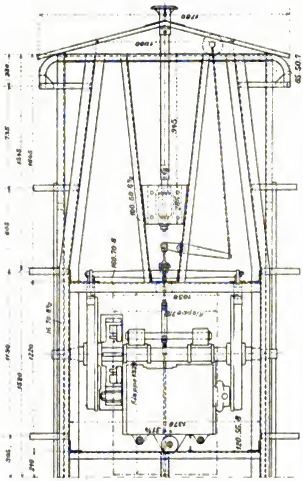
(Text S 9 u 14)



C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

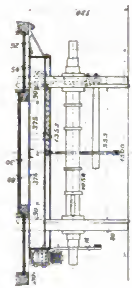




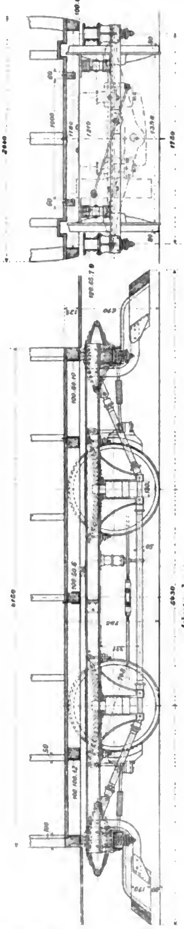
Untergestell
der Straßenbahn Graz-Maria Trost
ausgeführt von
Joh. Weitzer, Graz.

M 1:30.

(Text S 9 u.13)



C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Untergestell

der Strafsenbahn Mailand

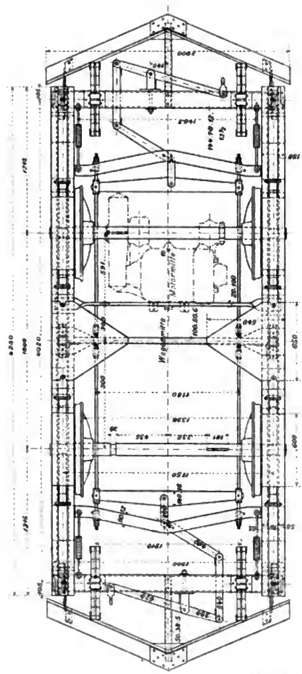
nach Bauart Taylor

ausgeführt von

Miani Silvestri u.Co. Mailand

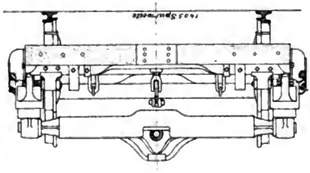
M 1:30.

(Text S.10 u.13)



C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Drehgestell

mit festen Drehpunkte u. ungleichen Achsdrucken

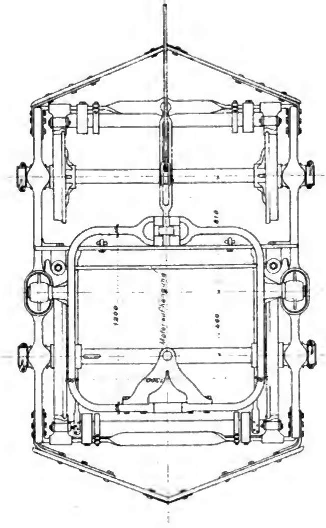
(Maximum traction truck).

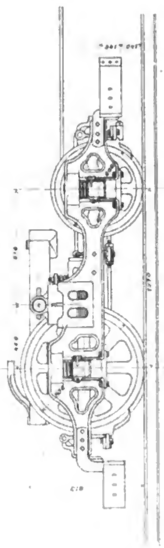
ausgeführt von der

St. Louis Car Co, St. Louis.

M. 1:30.

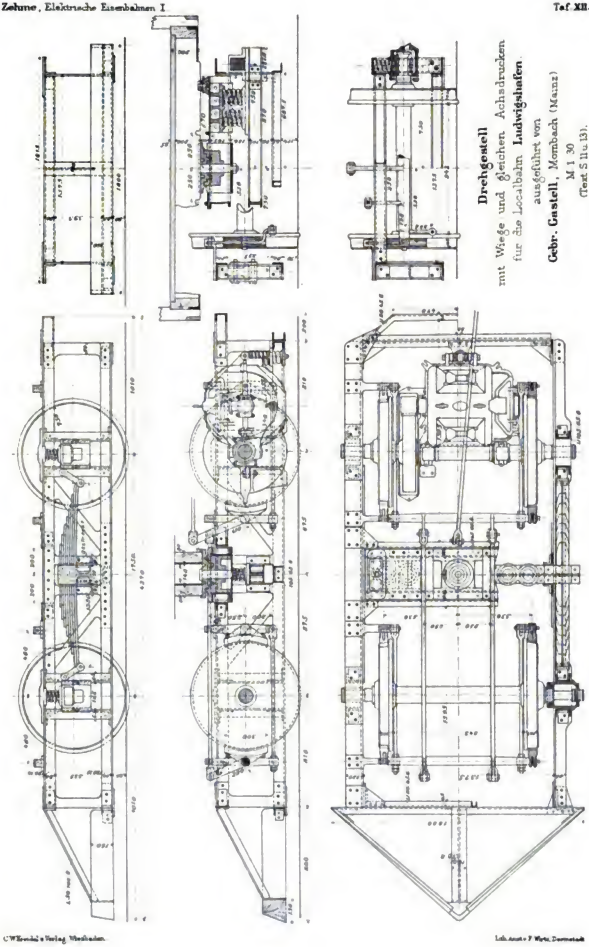
(Text S. 10, 11 u. 12)





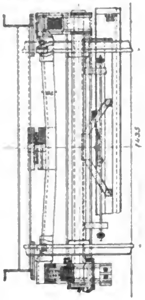
C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Drehgestell
mit Wiege und gleichen Achsdrucken
für die Localbahn **Ludwigshafen**.
ausgeführt von
Gebr. Gastell, Mombach (Mainz)
M 1 30
(Text S 11 u 13).

C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Drehgestell

mit Wiege und gleichen Achsdrucken

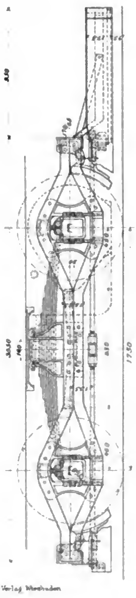
nach der Bauart **Diamond**

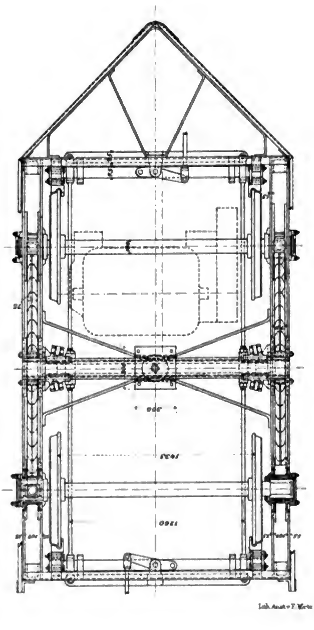
ausgeführt von

P. Herbrand u. Co, Ehrenfeld (Köln)

M. 1:30.

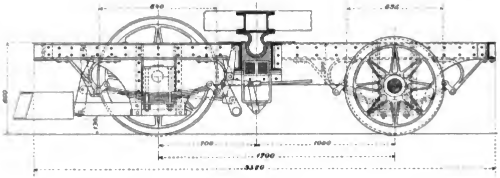
(Text S. 11)

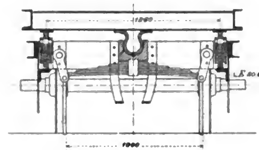




C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

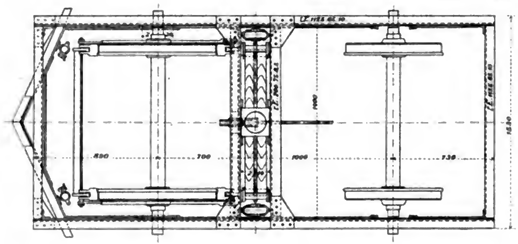


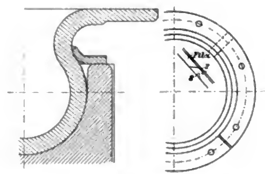


Drehgestell mit Wiege und ungleichen Achsdrucken, für die **Bergischen Kleinbahnen** ausgeführt von

Wagenbauanstalt **W.C.F. Busch**, Bautzen M. 1:30.

(Text S. 11 u. 14.)

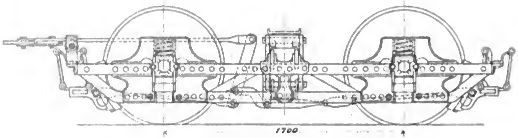


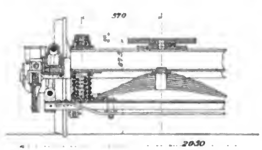


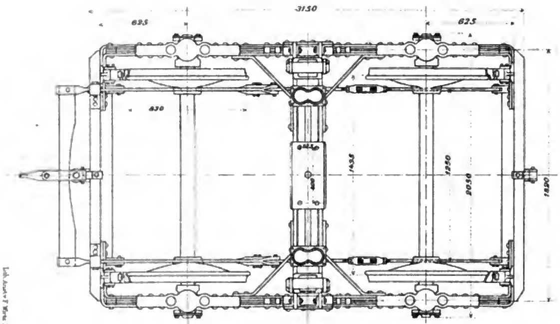
Abdichtung des Kugelzapfens
M. 1:5.

C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.







Drehgestell

mit pendelnder Wiege und gleichen Achsdrucken,

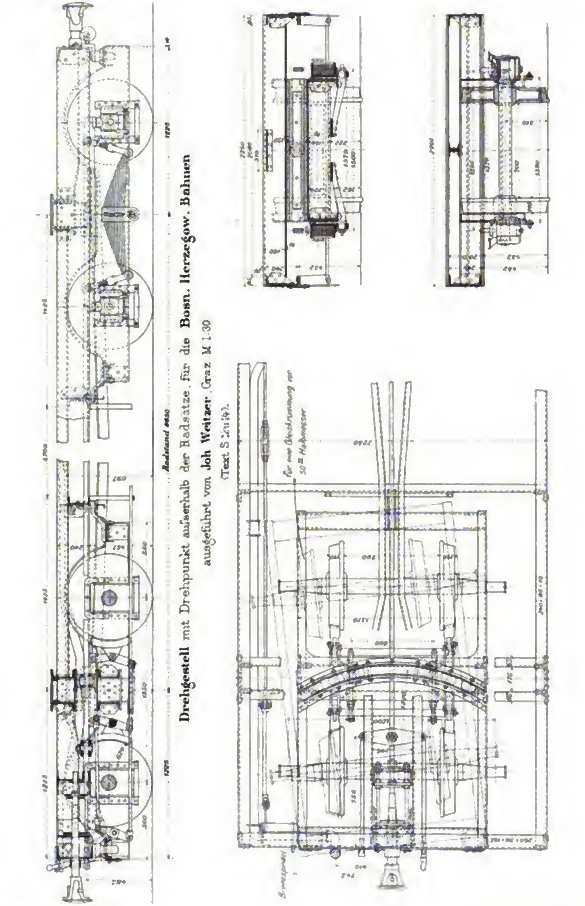
ausgeführt von der

Peckham Truck Co, New York

M 1 30.

(Text S 12u.14)

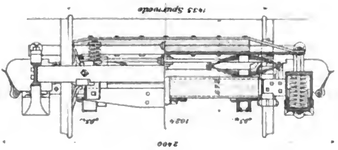
C.W. Kreidel's Verlag Wiesbaden.
Lith. Anst. v. F. Wirtz Darmstadt.



Drehgestell mit Drehpunkt außerhalb der Radsätze, für die **Bosn. Herzegow. Bahnen** ausgeführt von **Joh. Weitzer**, Graz. M 1:30

(Text S. 324).

C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Drehgestell

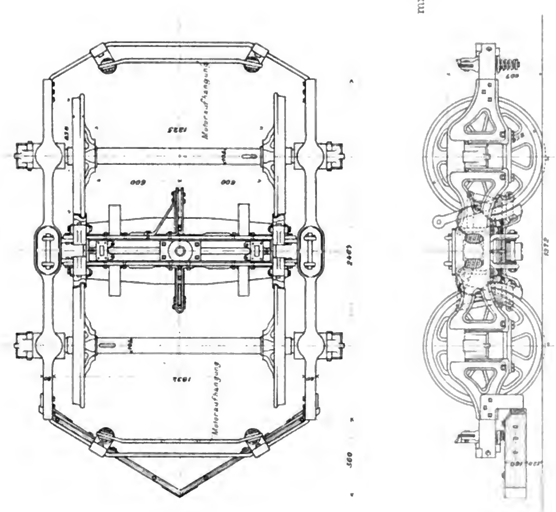
mit pendelnder Wiege und gleichen Achsdrucken

ausgeführt von der

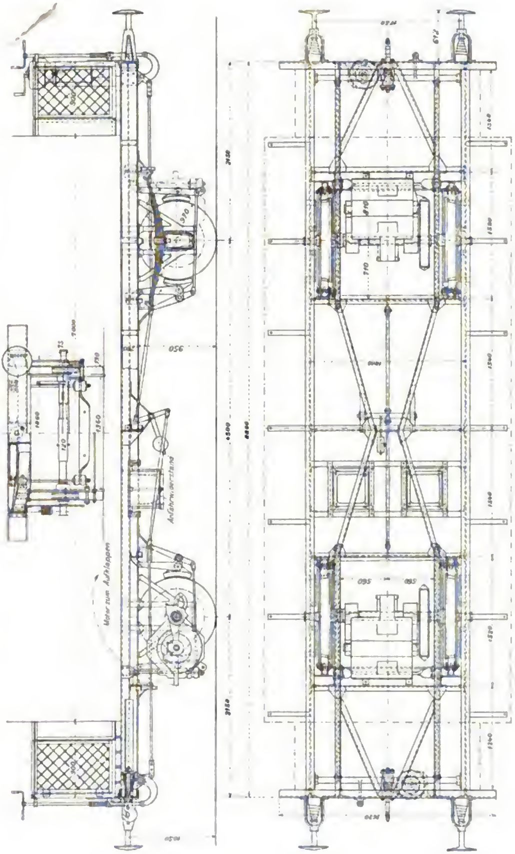
St. Louis Car Co, St. Louis

M 1:30

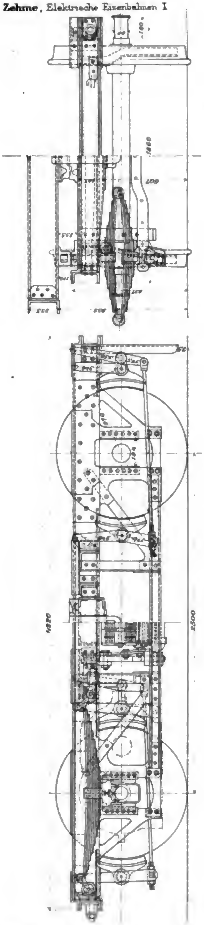
(Text S. 12 u. 14)



Untergestell der Localbahn Meckenbeuren - Tettnang
für die Loc.-Act.-Ges. München ausgeführt von der Masch.-Act.-Ges. Nürnberg.
M 1:30 (Text S. 12 u. 13.)



C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Drehgestell

mit pendelnder Wiege und gleichen Achsdrucken

für die Isarthalbahn der

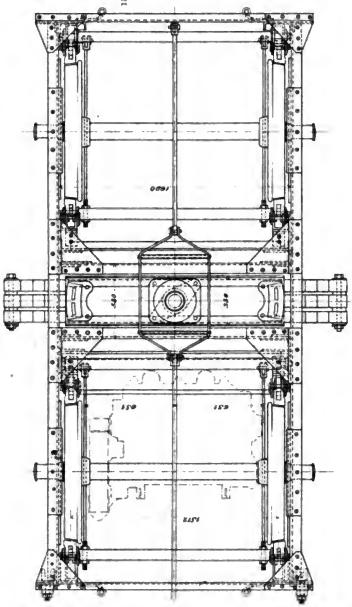
Localbahn Act. Ges. München

ausgeführt von der

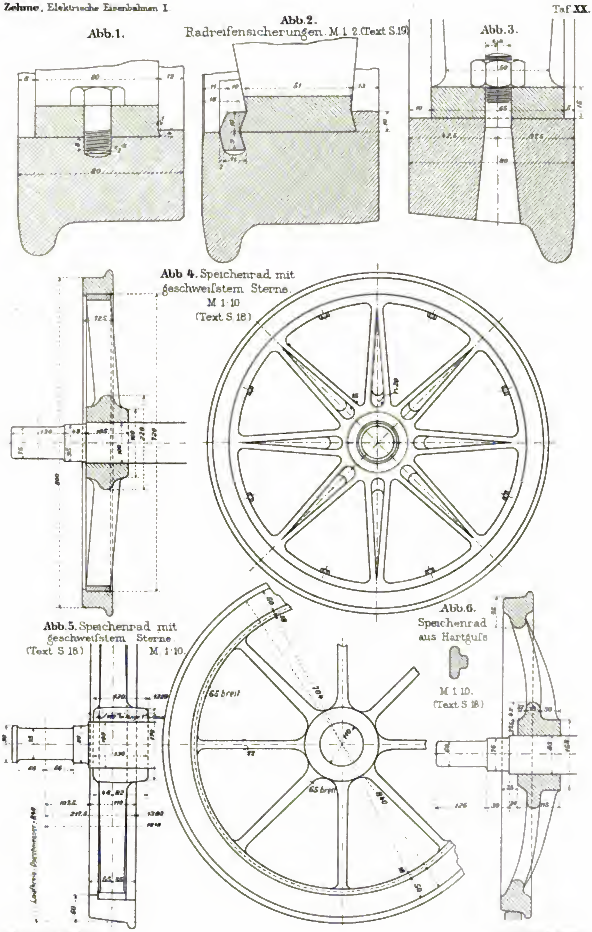
Masch.-Act.-Ges. Nürnberg.

M 1:30.

(Text S. 13)



C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Abb. 1.

Lenkachsenaufhängung der Triebwagen **Pest**, ausgeführt von der **Schlick'schen Eisengiefserei u. Masch.-Fabr. Act.-Ges.**, Pest.

M. 1:8. (Text S. 24.)

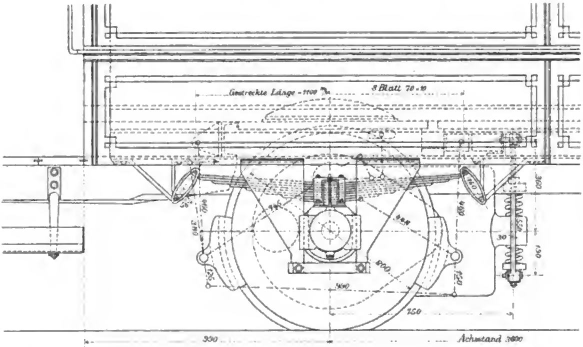
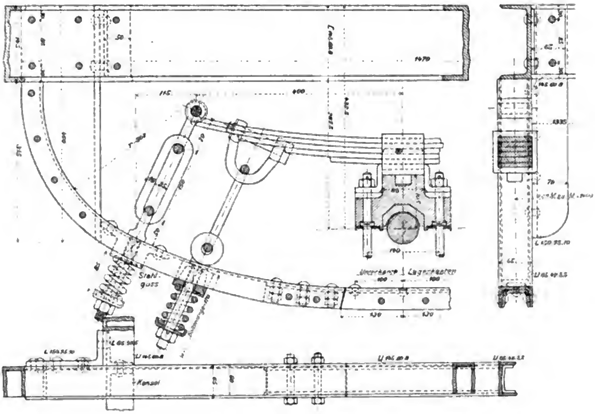


Abb. 2.

Lenkachsenaufhängung **Hannover**, ausgeführt von **van der Zypen u. Charlier**, Deutz.

M. 1:8. (Text S. 24.)



C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. — Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

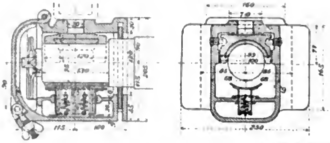


Abb. 1.
Einteilige Achsbuchse
mit Stirn-Stoſsscheibe.
M 1:8.
(Text S. 26)

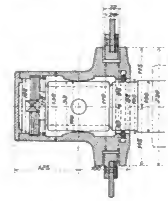


Abb. 2. Einteilige Achsbuchse mit Kopfschieber
M. 1:8. (Text S. 26)

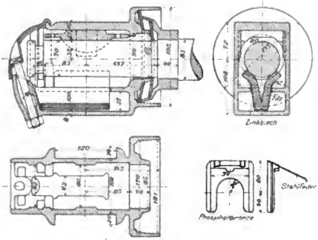
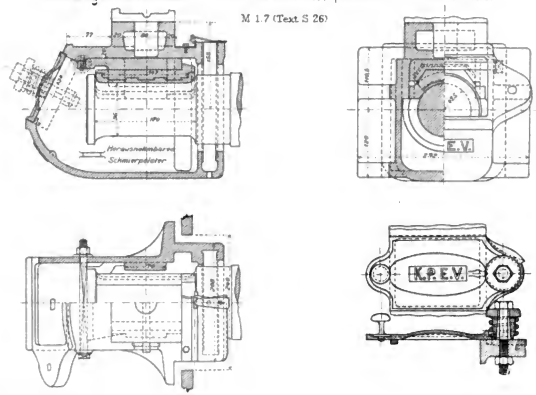
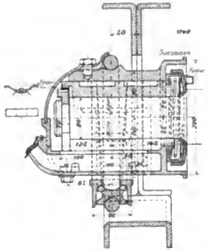


Abb. 3.
Einteilige Achsbuchse für freie Lenkachsen, preuſsische Staatsbahnen.
M 1:7 (Text S. 26)





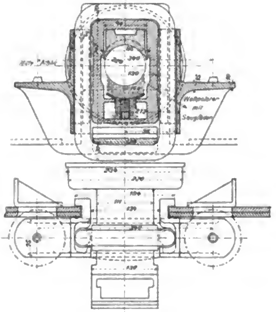


Abb. 1.
Einteilige Achsbuchse für axial verschiebbare Achsen
für die Triebwagen der Strafsenbahn
Hannover ausgeführt von
van der Zypen u. Charlier, Deutz (Köln).
(M. 1:8. Text S. 26.)

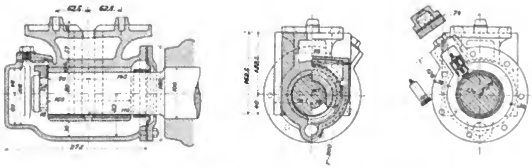
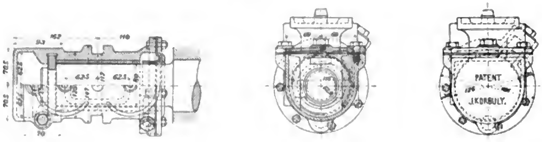


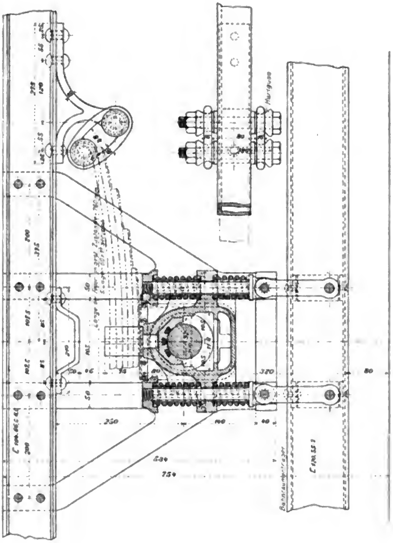
Abb. 2. Geschlossene Achsbuchse von **J. Korbuly, Pest.**
M. 1:8. (Text S. 27.)

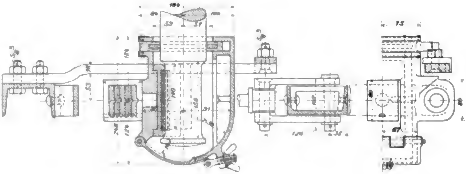


Achsbuchse, Achsbuchsführung, Federaufhängung und Motorträger

ausgeführt von **P. Herbrand u. Co.** Ehrenfeld (Köln)

M 1:8 (Text S. 27, 28).





C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden — Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

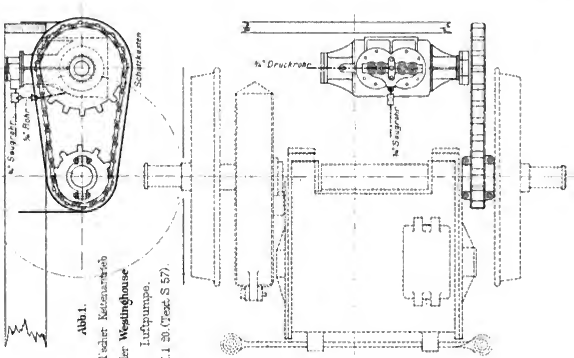


Abb. 1. Gall'scher Kettenantrieb der **Westinghouse** Luftpumpe. M. 1:20. (Text S. 57)

Abb. 2.
Vierklotzige Radbremse mit wagrechten Hebeln
(Text S. 32)

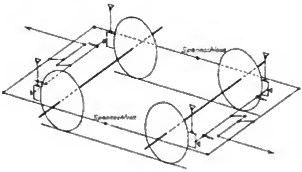


Abb. 3.
Wie Abb. 2. jedoch nur für einen Führerstand
(Text S. 32)

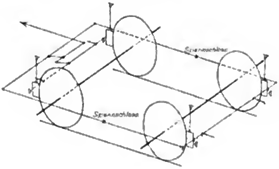
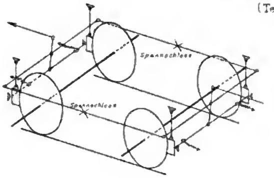


Abb. 1. Abb. 2.

Vierklotzige Radbremse
mit senkrechten Hebeln.
(Text S. 32.)



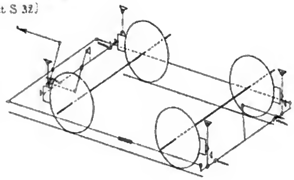


Abb. 3.
Vierklotzige Radbremse mit
festem Drehpunkte der Hebel.
(Text S. 32.)

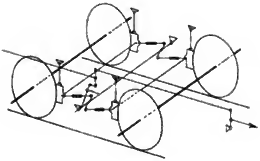


Abb. 4.
Achtklotzige Radbremse mit
schwingendem Drehpunkte der Hebel.
(Text S. 32.)

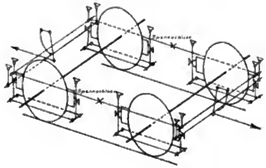


Abb. 5.
Achtklotzige Radbremse mit
gekuppelten Hebeln.
(Text S. 32.)

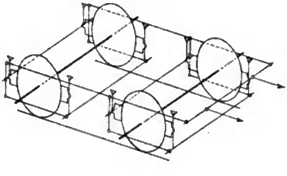
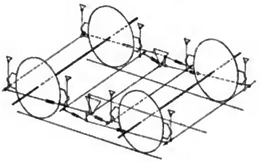
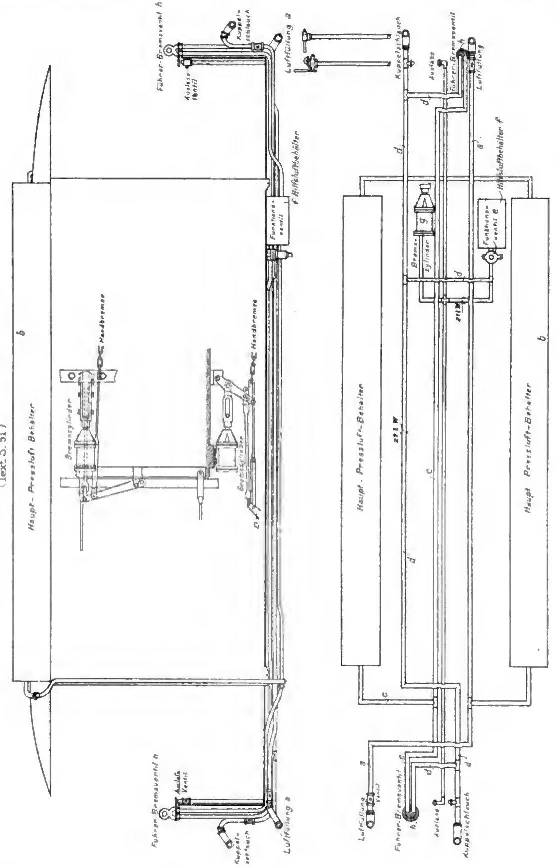


Abb. 6.
Achtklotzige Radbremse mit
festem Drehpunkte der gekuppelten Hebeln
(Text S. 32.)



C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Anordnung der selbstthätig wirkenden Westinghouse-Luftdruckbremse an den Triebwagen der Tramways Bruxellois.
(Text S. 51)



C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Abb. 1. Selbstthätig wirkende Luftdruckbremse der Christensen Engineering Co. Milwaukee U. S. A. (Text S. 58.)

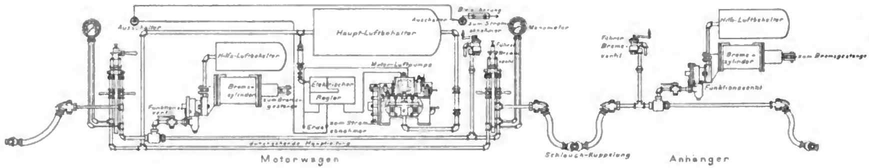


Abb. 2. Nicht selbstthätig wirkende Luftdruckbremse der Christensen Engineering Co. (Text S. 58.)

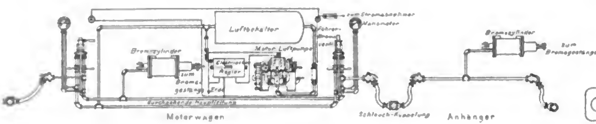
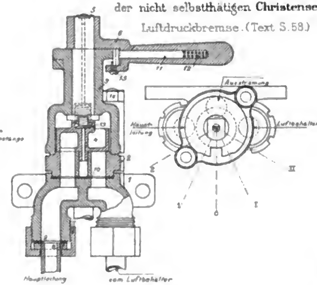
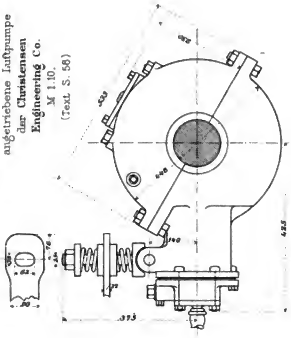


Abb. 3. Führerbremsventil der nicht selbstthätigen Christensen-Luftdruckbremse. (Text S. 58.)



C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



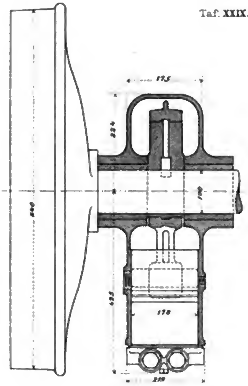
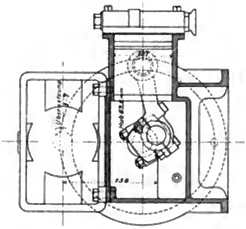
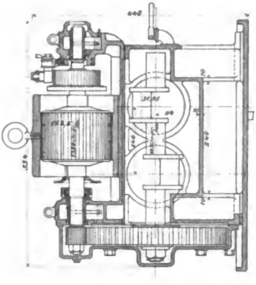


Abb. 2. Von einer Wagenachse angetriebene Luftpumpe der Christensen Engineering Co. M. 1:10. (Text S. 58)





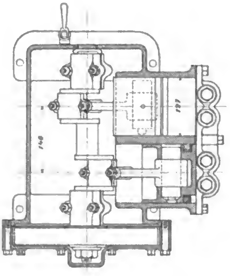
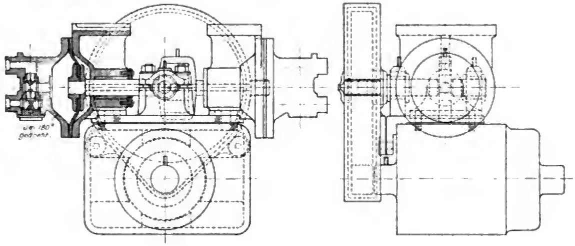


Abb. 1. Elektrisch angetriebene Luftpumpe der Christensen Engineering Co. M. 1:10. (Text S. 58)

C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



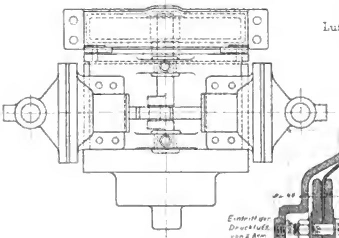


Abb. 1.

Elektrisch angetriebene Luftpumpe mit Biegehautkolben von W. Schmid, München.

M. 2 : 15 (Text S. 57)

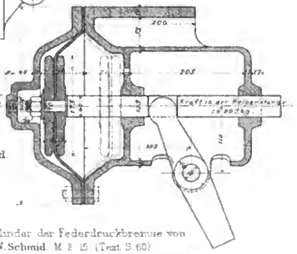
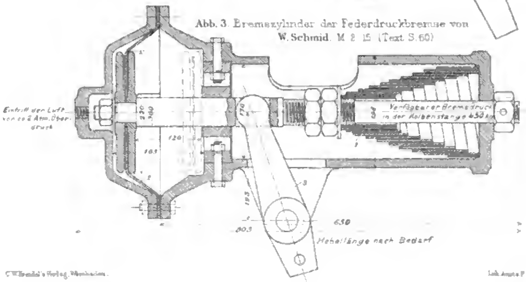


Abb. 2. Bremszylinder mit Biegehautkolben von W. Schmid.

M. 2 : 15 (Text S. 60)

Abb. 3. Bremszylinder der Federdruckbremse von W. Schmid. M. 2 : 15 (Text S. 60)



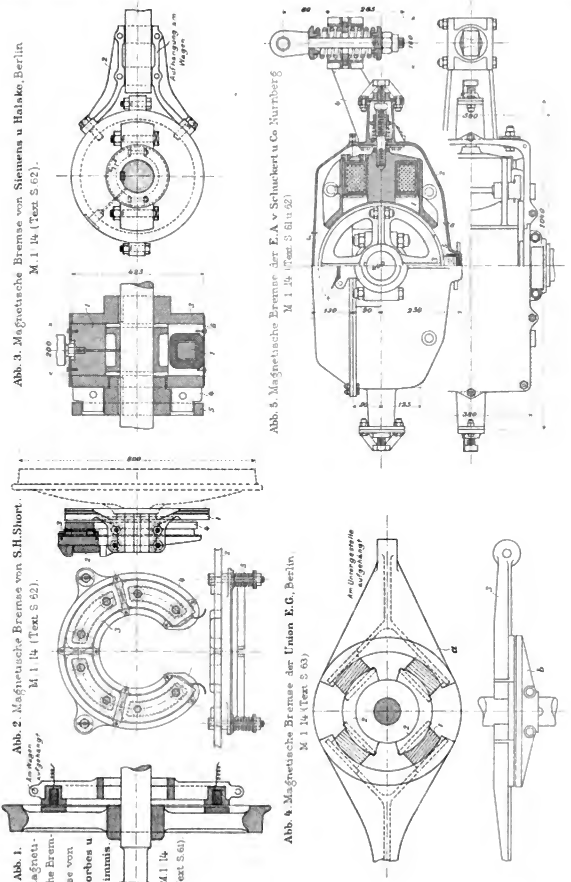


Abb. 1. Magnetische Bremse von Forbes u Timmis. M.1:14 (Text S.61)

Abb. 2. Magnetische Bremse von S.H.Short. M.1:14 (Text S.62).

Abb. 3. Magnetische Bremse von Siemens u Halske, Berlin. M.1:14 (Text S.62).

Abb. 4. Magnetische Bremse der Union E.G., Berlin. M.1:14 (Text S.63)

Abb. 5. Magnetische Bremse der E.A. v Schuckert u Co Nürnberg. M.1:14 (Text S.61 u.62)

C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden Lith. Anst. v F Wirtz, Darmstadt

Abb. 3. Magnetische Bremse von Siemens u. Halske, Berlin. M. 1:14 (Text S. 62).

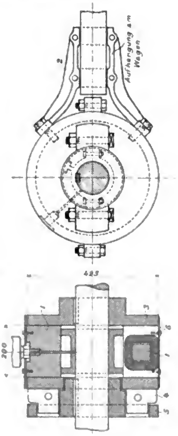


Abb. 5. Magnetische Bremse der E. A. v. Schuckert u. Co. Nürnberg. M. 1:14 (Text S. 61 u. 62).

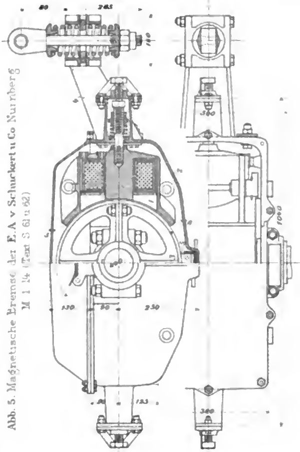


Abb. 2. Magnetische Bremse von S. H. Short. M. 1:14 (Text S. 62).

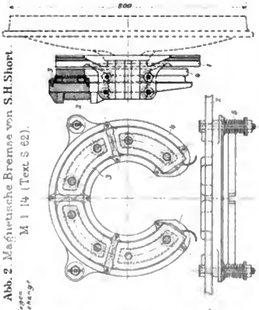


Abb. 4. Magnetische Bremse der Union E. G., Berlin. M. 1:14 (Text S. 63).

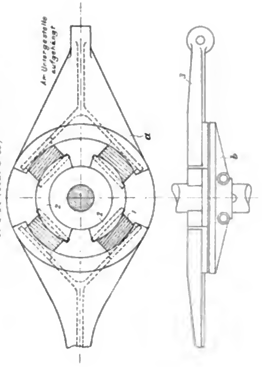
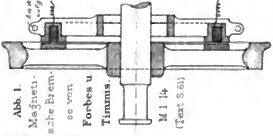


Abb. 1. Magnetische Bremse von Forbes u. Timmis. M. 1:14 (Text S. 61).



C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

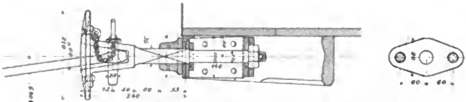


Abb. 1. Vereinigte Zug- und Stoßvorrichtung.
Ausgef. v. Masch.-Act.-Ges. Nürnberg.
M. 1:10. (Text S. 69 u. 72)

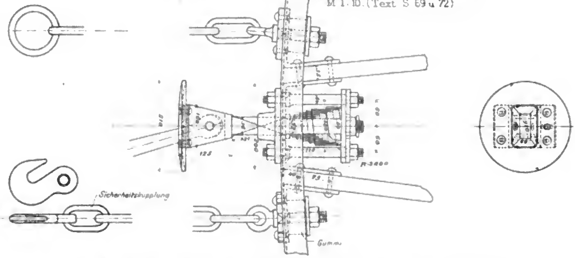
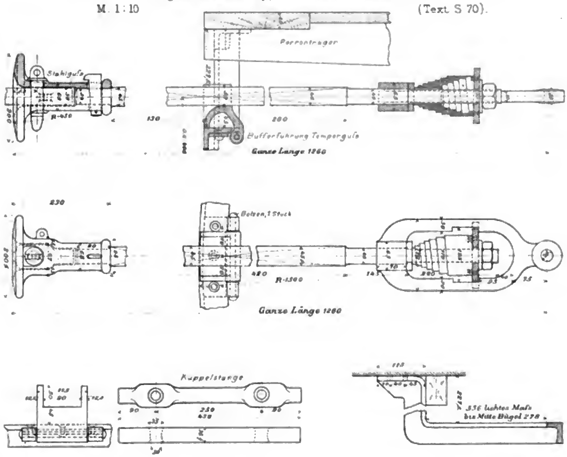
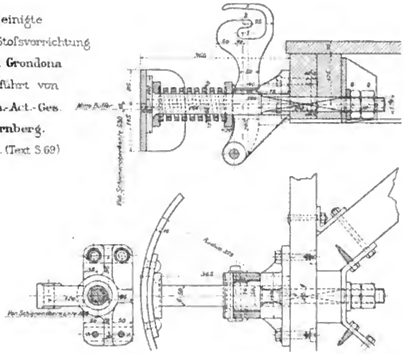


Abb. 2. Vereinigte Zug- und Stoßvorrichtung mit drehbarer Zugstange,
Ausgef. v. van der Zypen u. Charlier, Deutz.
M. 1:10 (Text S. 70).



C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. — Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Vereinigte Zug- und Stofsvorrichtung Bauart Grondona ausgeführt von Masch.-Act.-Ges. Nürnberg.
M 1:10. (Text S.69)



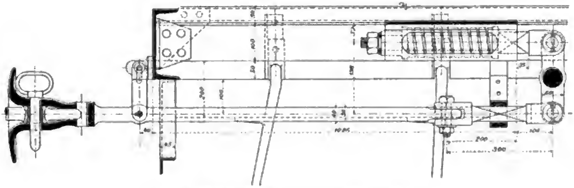
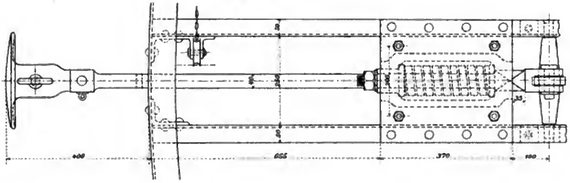
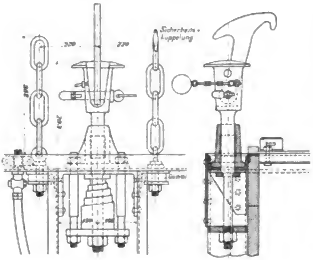
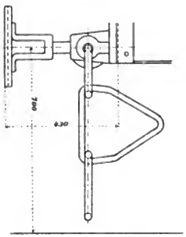


Abb.2. Vereinigte Zug- und Stofsvorrichtung, ausgeführt v. J. Weitzer, Graz.
M 1:10. (Text S 70).







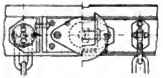


Abb. 1. Vereinigte Zug- und Stofsvorrichtung mit selbstthätig einfallendem Kuppelhaken Ausgef. v. **M. A. G. Nürnberg.** M. 1:10. (Text S. 69 u. 72.)

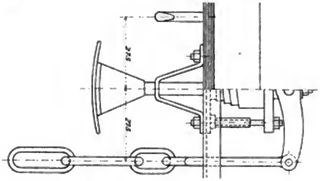


Abb. 2. Getrennte Zug- und Stofsvorrichtung mit Ausgleichshebel. Ausgef. von **P. Herbrand u. Cie, Köln.** M. 1:15 (Text S. 71.)

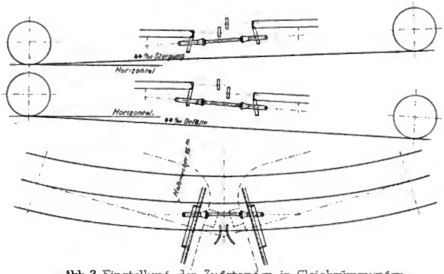
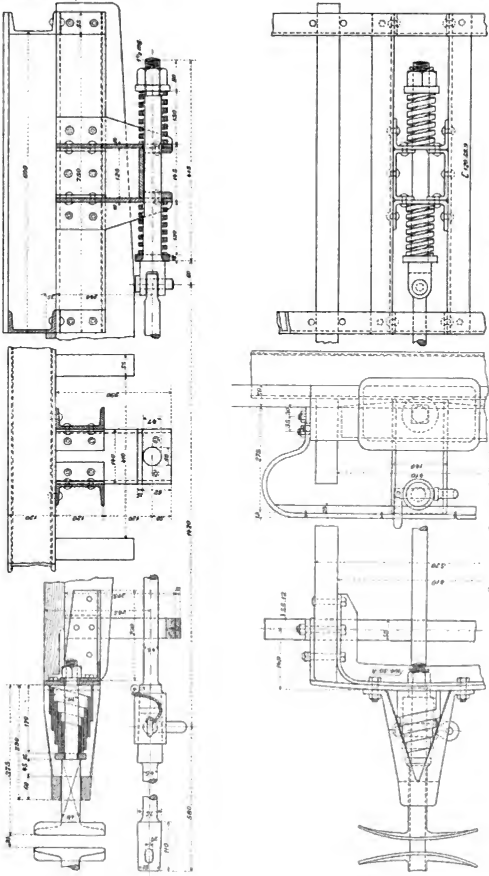


Abb. 3. Einstellung der Zugstangen in Gleiskrümmungen und Gefallsbrüchen. (Text S. 71.)



Getrennte Zug- und Stoßvorrichtung mit drehbarer Zugstange.
Maschinenb.-Act.-Ges. Nürnberg.
M 1:10 (Text S. 70 u. 71).

C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

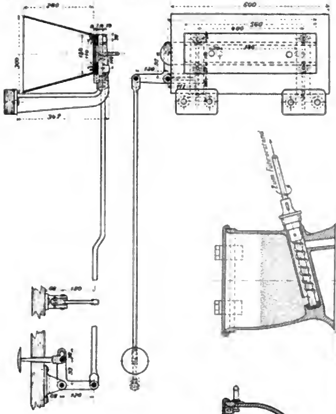


Abb.1. Doppelt wirkender Schieber-Sandstreuer M.1:15 (Text S.72)

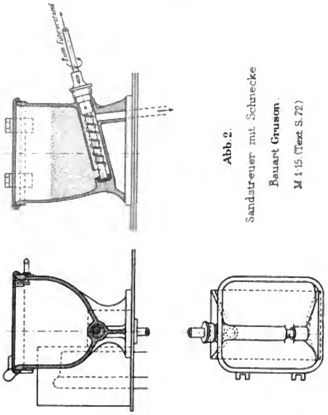
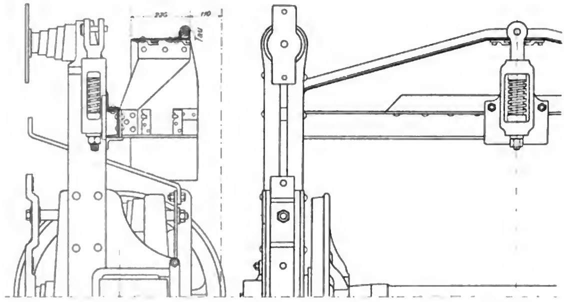


Abb.2. Sandstreuer mit Schnecke Bauart Gruson. M 1:15 (Text S.72)

Abb.3. Bahnräumer der Straßen-Eisenbahn-Ges. Hamburg. M 1:15 (Text S.74)



C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith.Anst.v.F.Wirtz, Darmstadt.

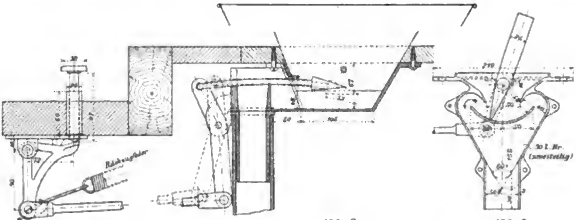
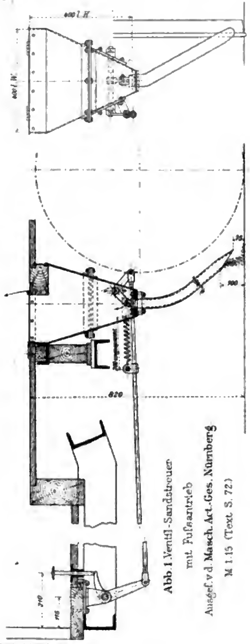


Abb. 2.
Sandstreuer mit Schieber
und Ueberfall.

Abb. 3.
Sandstreuer mit Schwinge
und Ueberfall.

Ham Sand-Box Co.
Troy, N. Y.
M. 1:6. (Text S. 72.)



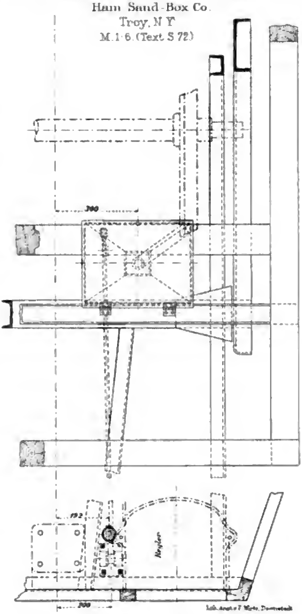


Abb. 1. Ventil-Sandstreuer
mit Fußantrieb
Ausgef. v. d. Masch. Act.-Ges. Nürnberg.
M. 1:15. (Text S. 72.)

C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

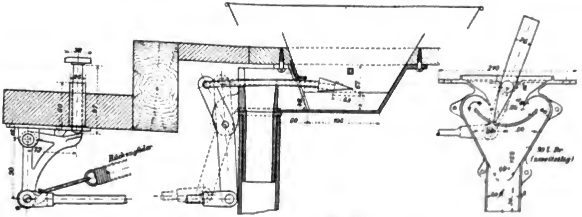


Abb. 2.
Sandstreuer mit Schieber
und Ueberfall

Abb. 3.
Sandstreuer mit Schwinge
und Ueberfall

Ham Sand-Box Co
Troy N.Y.
M 1:5 (Text S. 72)

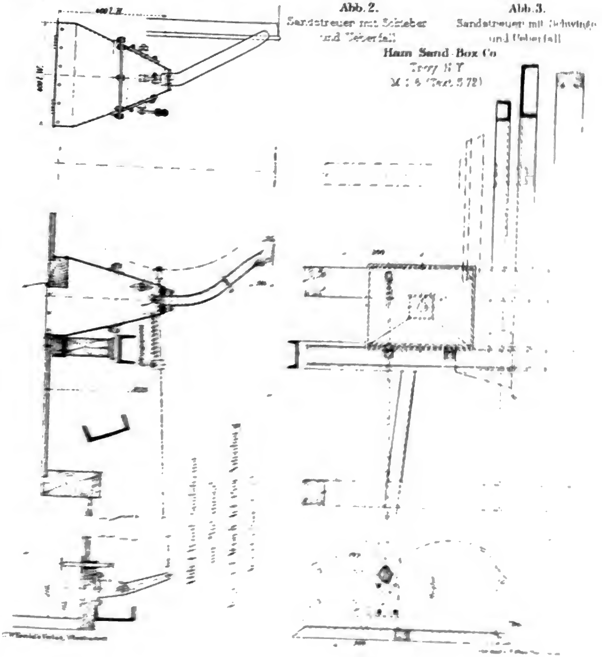
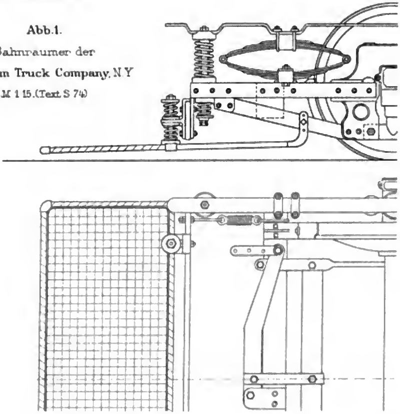


Abb. 1.
Bahnraumer der
Peckham Truck Company, N.Y.
M 1:15. (Text S. 74)



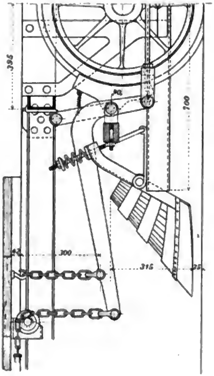


Abb. 1. Bahnraumer der Bauart
Joh. Weitzer, Graz.
M 1:15. (Text S. 74)

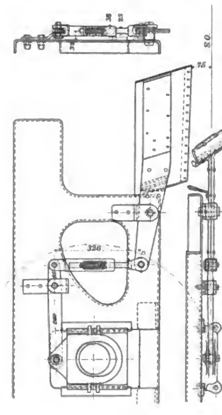


Abb. 3. Bahnräumer mit gleichbleibendem Schienenabstande. Bauart Zehme.
M 1:15. (Text S. 74)

Sitzeinteilungen. (Text S. 76 u. 96.)

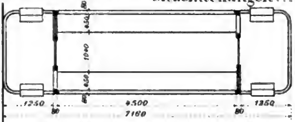


Abb. 1. Längsbänke mit Mittelgang.
18 Sitzplätze.

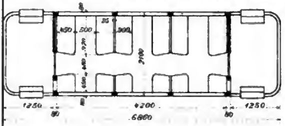


Abb. 2. Abteilartig gestellte Querbänke
mit Mittelgang
18 Sitzplätze.

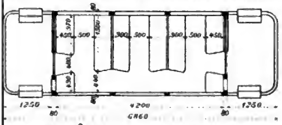


Abb. 3. Abteilartig gestellte Querbänke
mit Seitengang.
18 Sitzplätze.

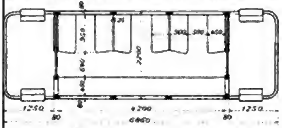


Abb. 4. Quer- u. Längsbänke
mit Mittelgang
20 Sitzplätze

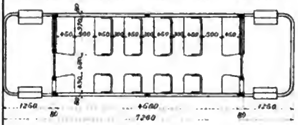


Abb. 5. Querbänke mit drehbaren Lehnen
mit Mittelgang
(Endbänke fest.)
18 Sitzplätze

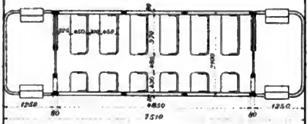


Abb. 6. Querbänke mit drehbaren Lehnen
mit Mittelgang
18 Sitzplätze.

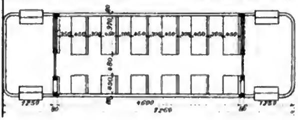


Abb. 7. Querbänke mit drehbaren Sitzen
mit Mittelgang.
18 Sitzplätze.

C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Sommerwagen. M. 1:75 (Text S. 77 u. 87)

Abb. 1.

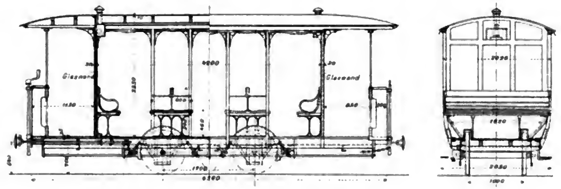


Abb. 2.

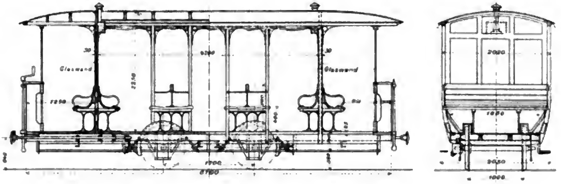


Abb. 3.

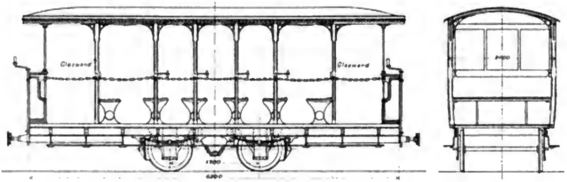
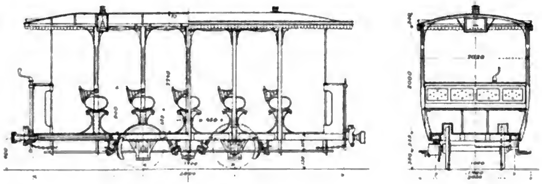


Abb. 4.



C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Abb. 1.

Salonwagen mit Abort, Waschraum u. Postabteil für Lokalbahnen.

(Text S. 77.)

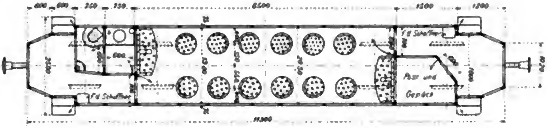


Abb. 2.

Salonwagen mit Tischen und Armsesseln.

(Text S. 77.)

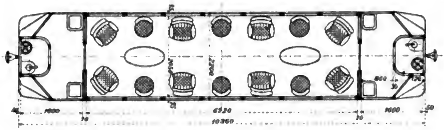
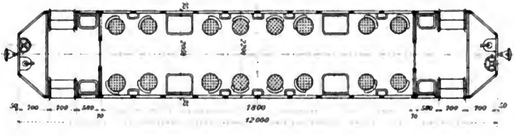


Abb. 3.

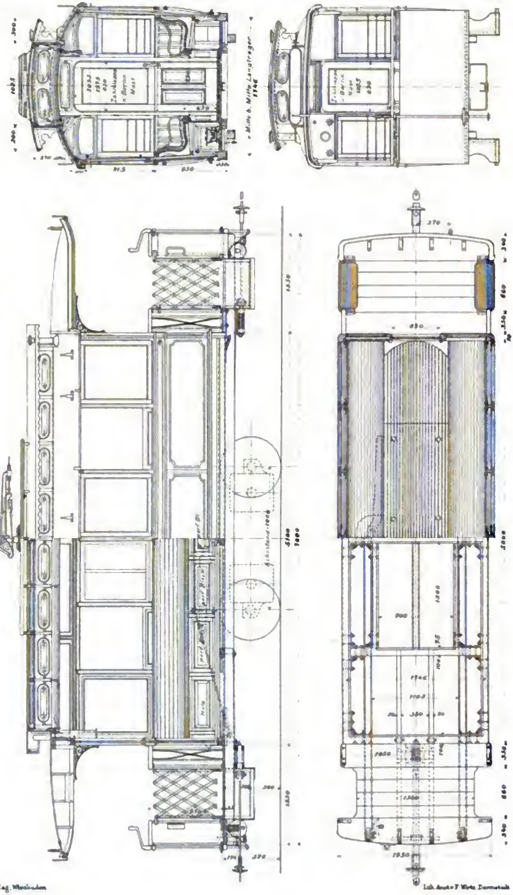
Salonwagen mit niederklappbaren Tischen

(Text S. 77.)

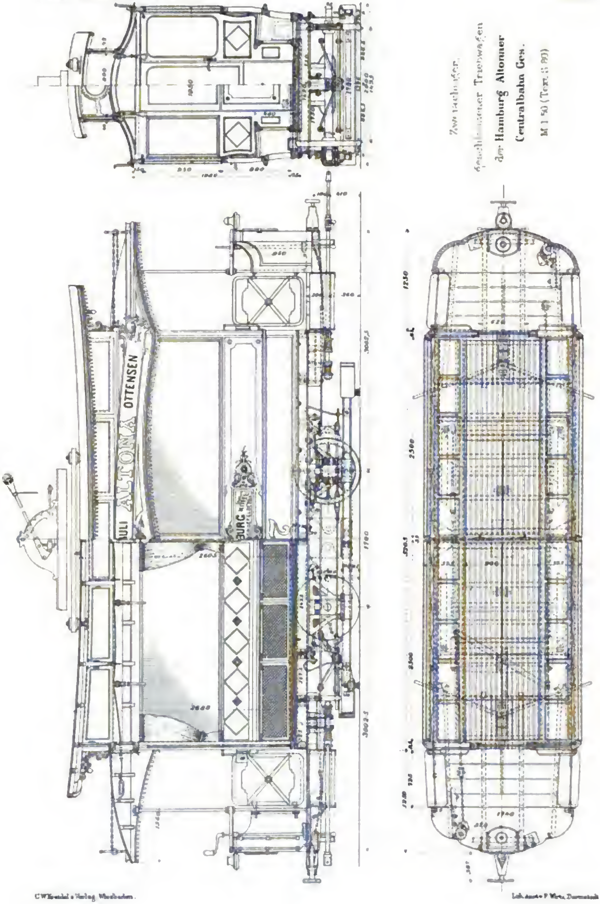


C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Zweiachsiger geschlossener Triebwagen der
Grofsen Berliner Strafsenbahn-Gesellschaft M 1:50 (Text S 80).



C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

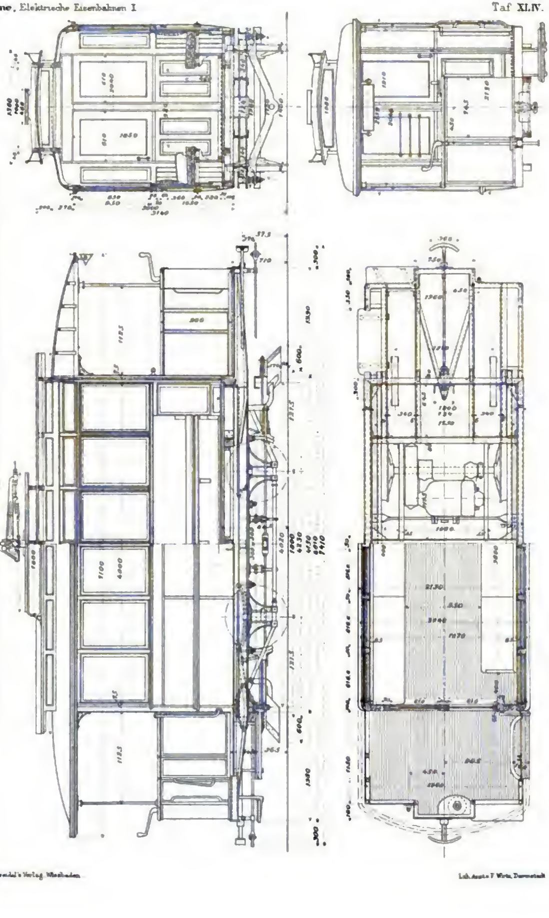


Zweiachsiger geschlossener Triebwagen der Hamburg Altonaer Centralbahn Ges.

M 1:50 (Text S. 80)

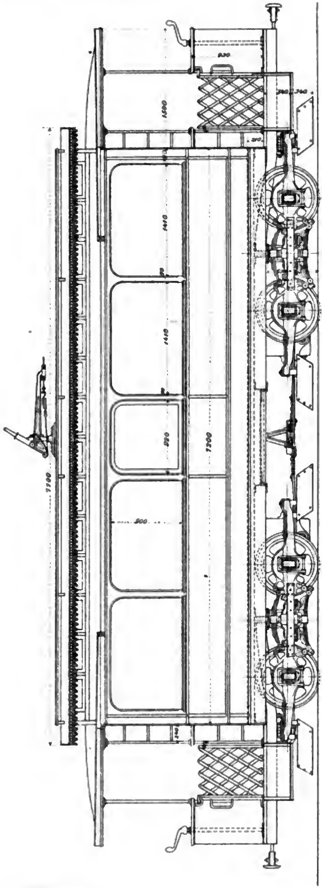
C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

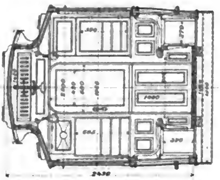
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Zweiachsiger geschlossener Triebwagen der Strafsenbahn Mailand. M 1:50 (Text S. 80)

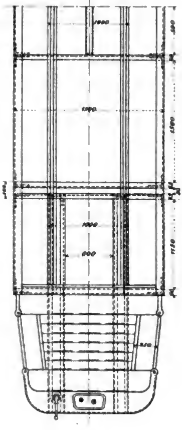
C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden.   Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt





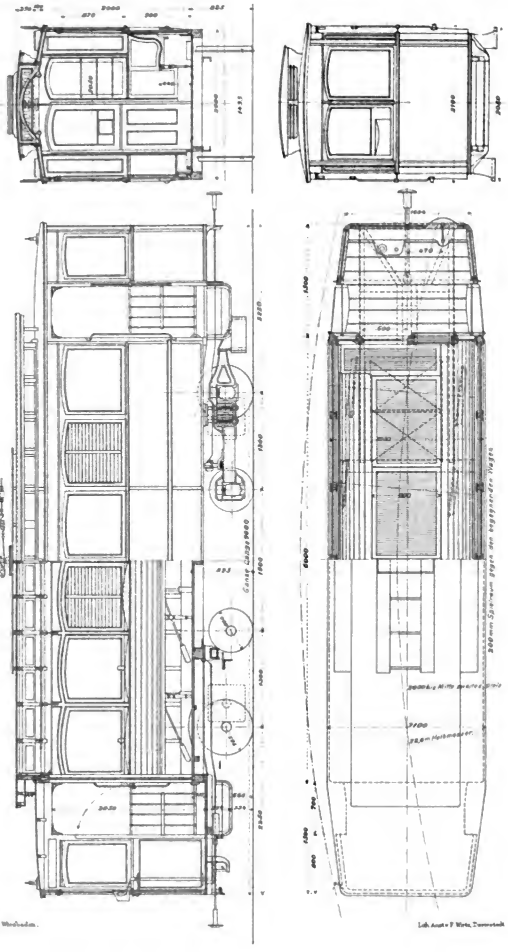
Vierachsiger geschlossener Triebwagen für gemischten Betrieb der Grofsen Berliner Strafsenbahn-Ges.

M 1:50 (Text S. 81)



C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Vierachsiger geschlossener Triebwagen der Elektrischen Trambahn München.
M. 1:50 (Text S. 81)

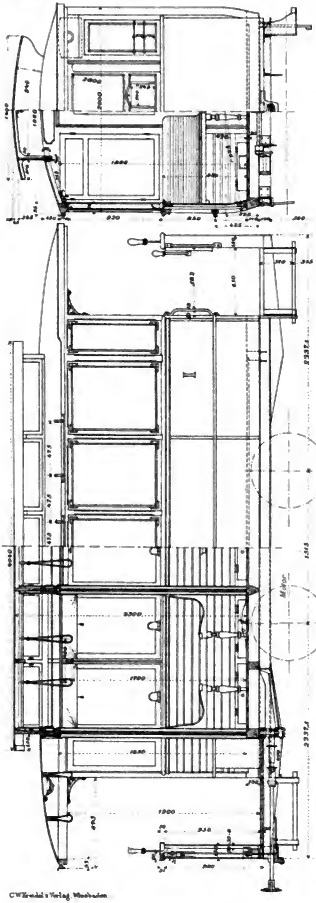


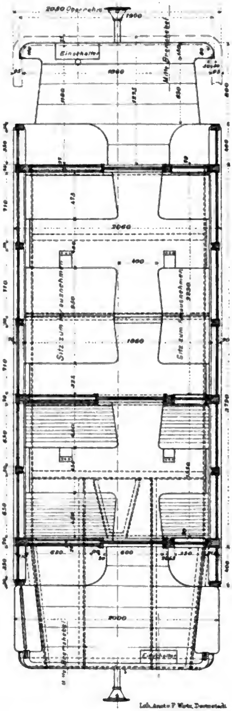
C.W. Kreidel's Verlag Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

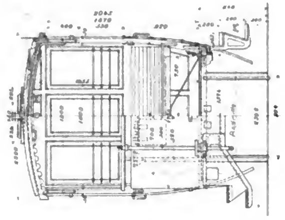
Zweiachsiger geschlossener Durchgangs-Triebwagen der Straßenbahn Lemberg.

Ausgef. v. Joh. Weitzer, Graz.

M. 1:40 (Text S. 81)





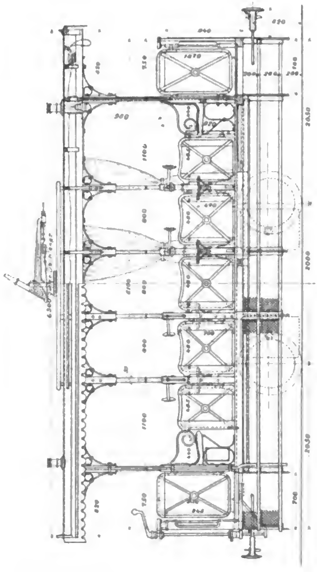


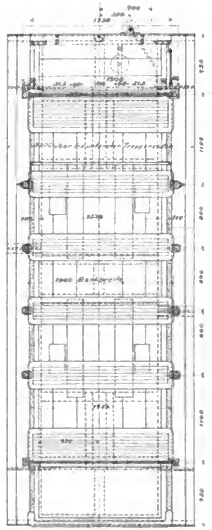
Zweiachsiger offener Triebwagen

der Strafsenbahn **Linz-Pöstlingberg**.

M. 1 : 50. (Text S. 83).

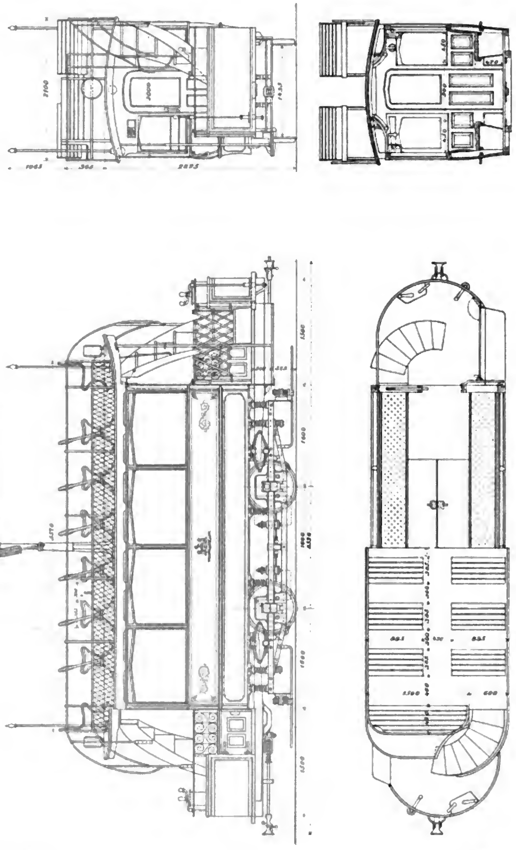
Ausgef. von **Joh. Weitzer**, Graz.





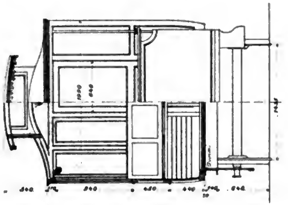
C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Zweiachsiger, geschlossener Triebwagen mit Decksitzen der Strafsenbahn **Leeds** (England)
Ausgeführt v. **Rob. W. Blackwell** London. M 1:60 (Text S. 77)

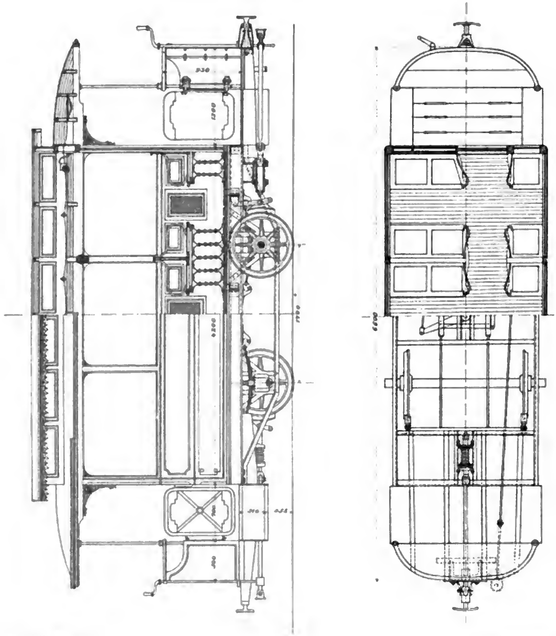


C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

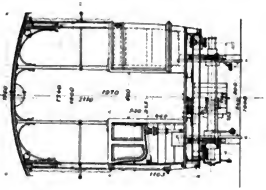
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Zweiachsiger, geschlossener
Durchgangs-Anhangewagen
der Hamburg-Altonaer Centralbahn.
M 1:50. (Text S 86)

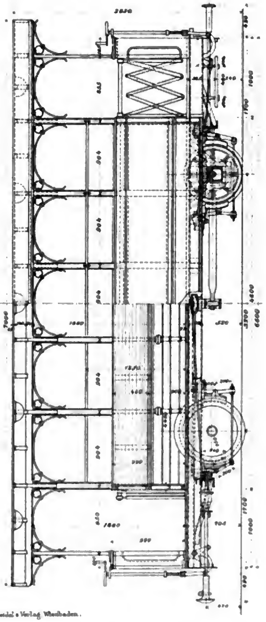


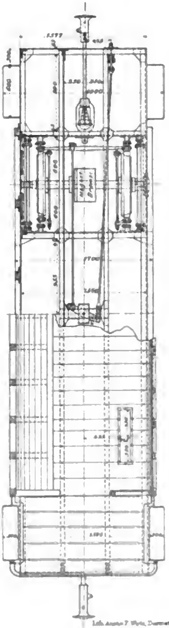
C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



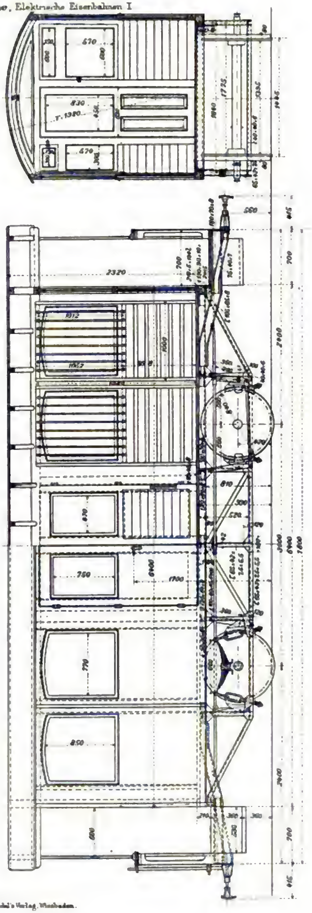
Zweiachsiger, offener Durchgangs-Anhängewagen der Straßenbahn Darmstadt.

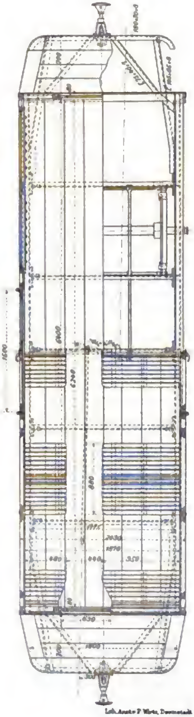
M 1:50 (Text S. 86).





C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anstalt F. Wirtz, Darmstadt.

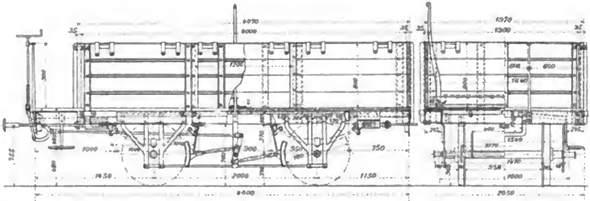




Personenwagen
mit Gepäckabteil
der Strafsenbahn
Hannover
(Mit freien Lenkachsen)
M. 1:50 (Text S. 87.)

C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anstalt F. Wirtz, Darmstadt.



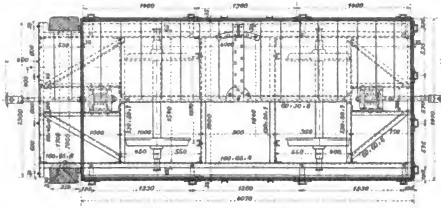


Abb. 1.
Kohlenwagen
mit abnehmbaren Wänden
und Drehschemel,
der Strafsenbahn
Teplitz.
M. 1:50 (Text S. 88)

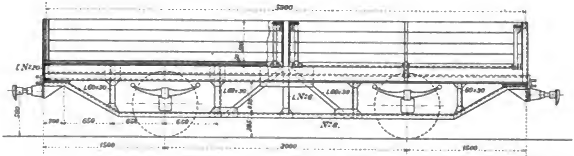
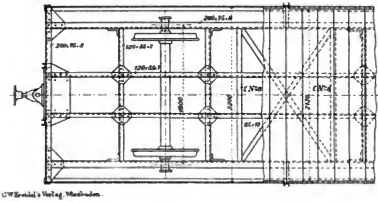
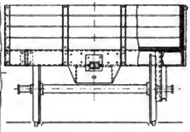
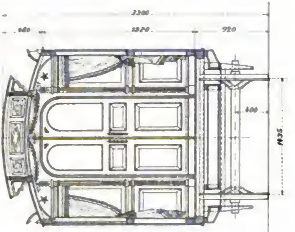


Abb. 2. Stein- und Kies-Güterwagen der Strafsenbahn **Hannover.**
M. 1:50. (Text S. 88)

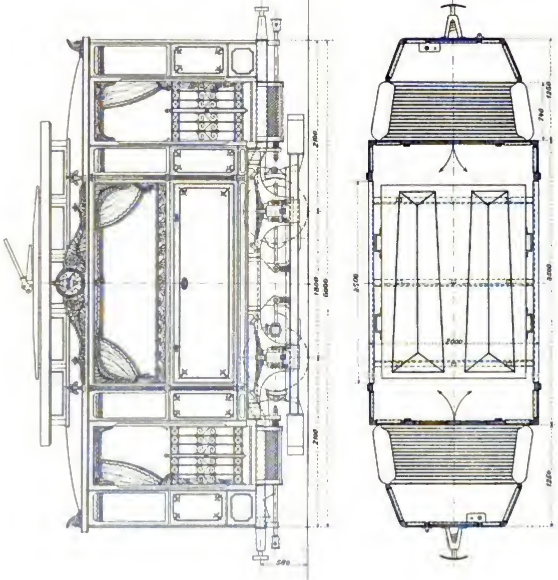


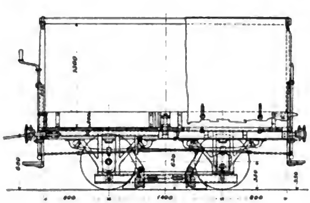


C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Triebwagen
zur
Leichenbeförderung
Gebt von der
Maschinenb.-Act.-Ges. Nürnberg.
M 1:50 (Text S. 88).





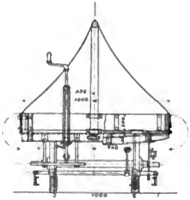
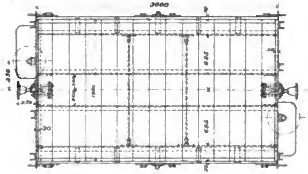


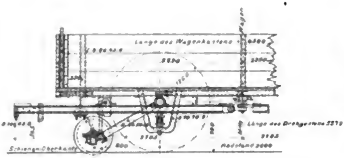
Abb. 1.

Offener Gepäckwagen

der Strafsenbahn **St. Moritz.**

M. 1 : 50. (Text S. 89)





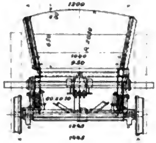


Abb. 2.

Güterwagen

für Land- und Schienenwege

Nach **Jürges und Krüger** gebaut

von **Van der Zypen u. Charlier, Deutz**

M. 1 : 50. (Text S. 89)

C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

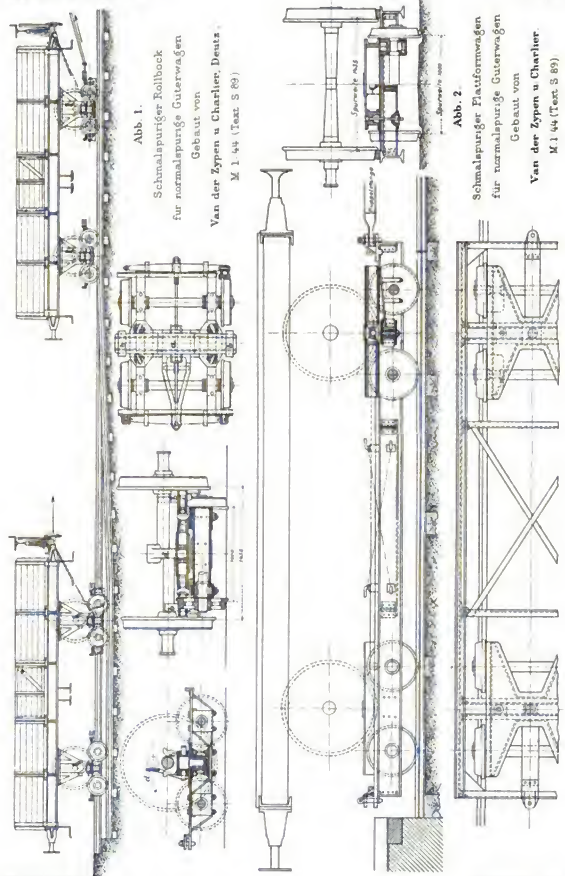
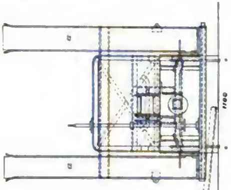


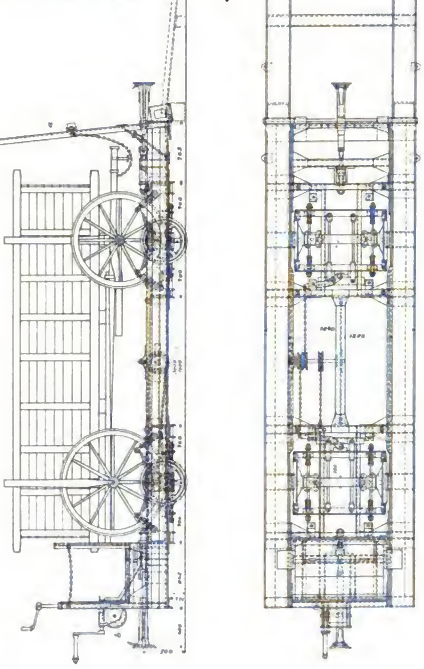
Abb. 1. Schmalspuriger Rollbock für normalspurige Güterwagen Gebaut von Van der Zypen u. Charlier, Deutz. M. 1:44 (Text S. 89)

Abb. 2. Schmalspuriger Plattformwagen für normalspurige Güterwagen Gebaut von Van der Zypen u. Charlier. M. 1:44 (Text S. 89)

C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.





Plattformwagen zur Beförderung gewöhnlicher Straßenfuhrwerkes auf Gleisen

Ausgef. von Arthur Koppel, Berlin.

M 1:50 (Text S. 90)

C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

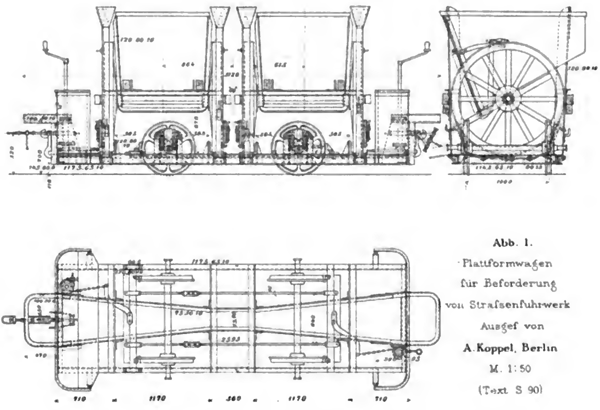


Abb. 1.
Plattformwagen
für Beförderung
von Strafsenfuhrwerk
Ausgef. von
A. Koppel, Berlin
M. 1:50
(Text S. 90)

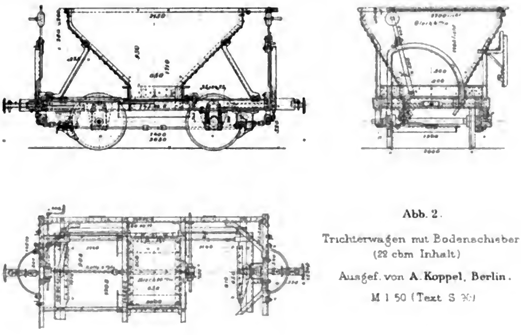
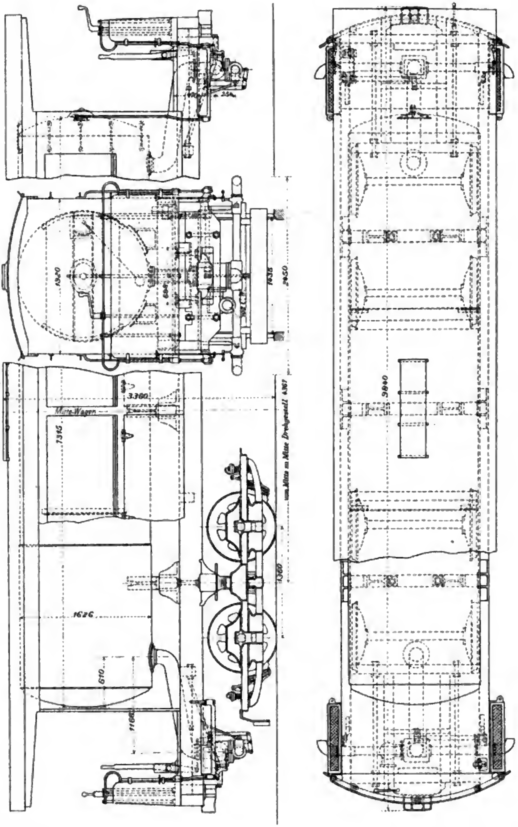


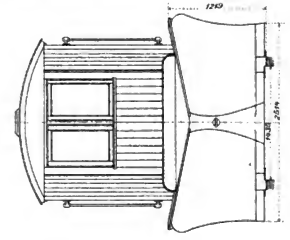
Abb. 2.
Trichterwagen mit Bodenschieber
(22 cbm Inhalt)
Ausgef. von A. Koppel, Berlin.
M. 1:50 (Text S. 90)

Vierachsiger Sprengwagen mit elektrischem Antriebe.
Ausgeführt von der Taunton Locomotive Mfg. Co, Taunton (Mass.) V. S. A.
M. 1:50 (Text S. 91).

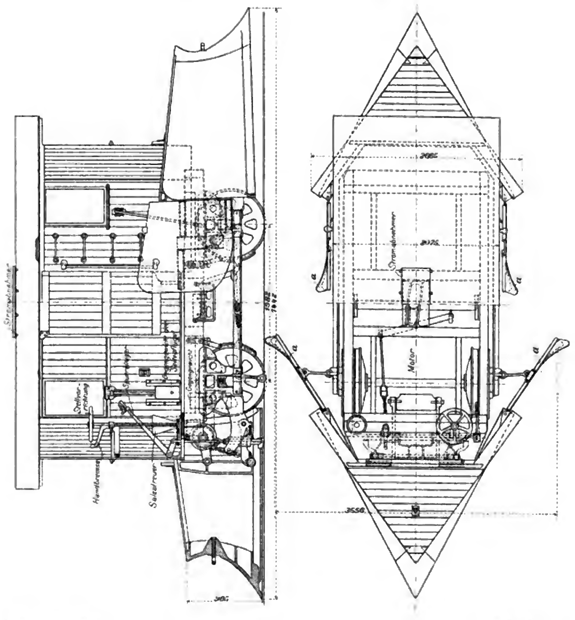


C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

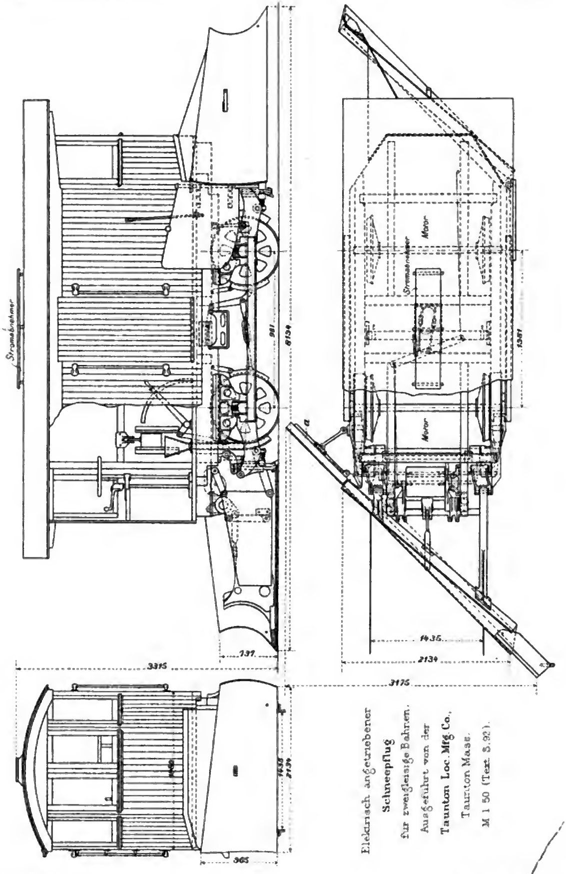
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



Elektrisch angetriebener Schneepflug
für eingleisige Bahnen.
Ausgeführt von der
Taunton Loc. Mfg Co., Taunton Mass.
M 1:50 (Text S. 92).

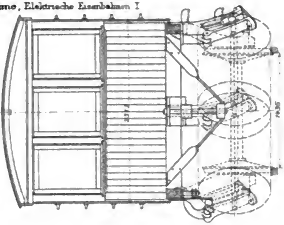


C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.
Lith. Anst. v. F. Wirtz
F. Wirtz, Darmstadt.



Elektrisch angetriebener Schneepflug für zweigleisige Bahnen. Ausgeführt von der Taunton Loc. Mfg. Co., Taunton Mass. M 1:50 (Text S. 92).

C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



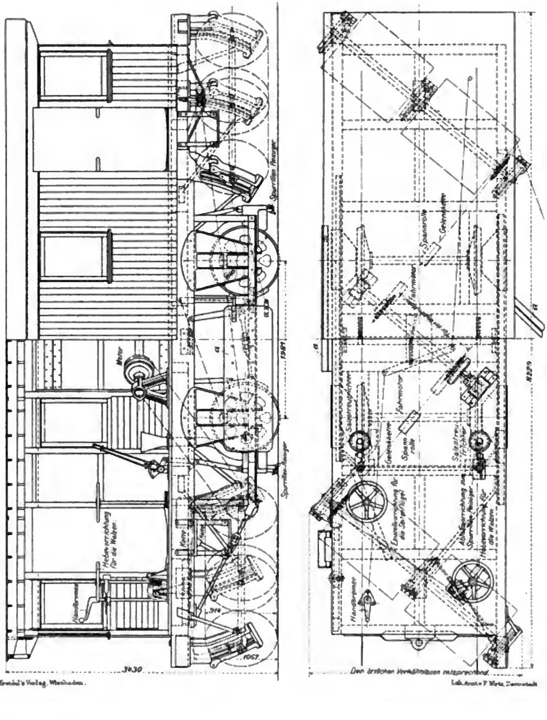
Elektrisch angetriebene

Schneekehrmaschine mit Salzstreuer.

Ausgeführt von der

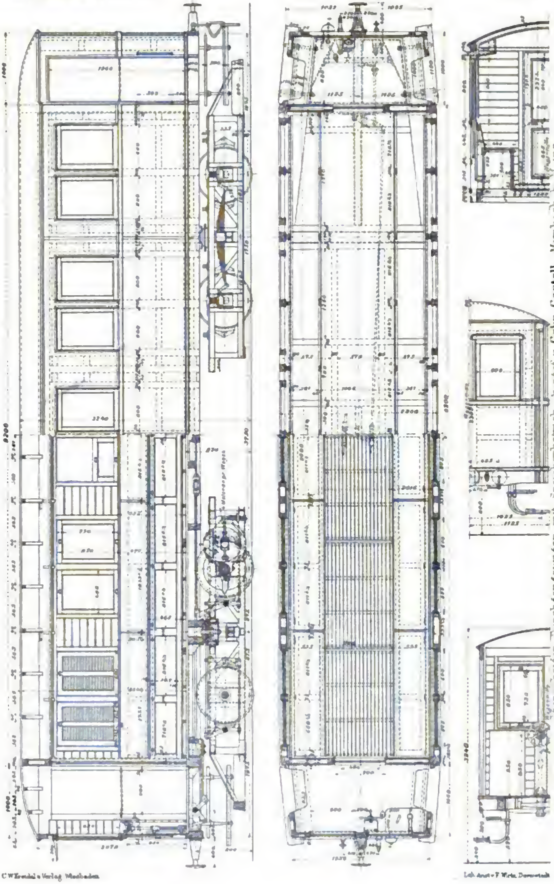
Taunton Loc. Mfg. Co., Taunton Mass.

M. 1 : 50 (Text S. 92).



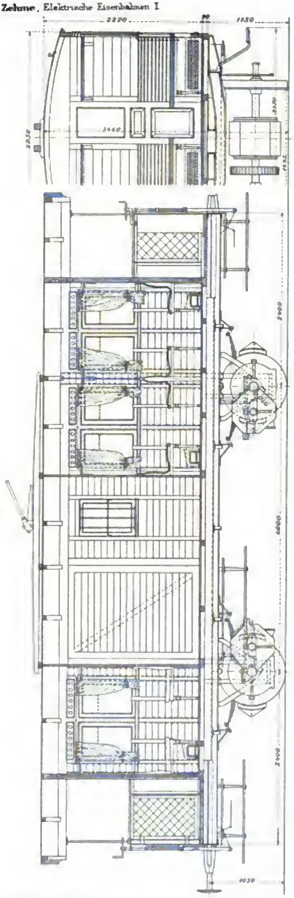
C.W.Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

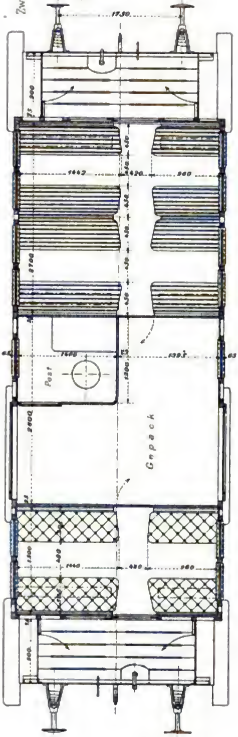
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



[illegible] neuen Durchgangswagen mit Speicherbetrieb Ausgef. v. Gebr. Gastell, Mombach b. Mainz. M 1:50 (Text S. 96)

C.W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt





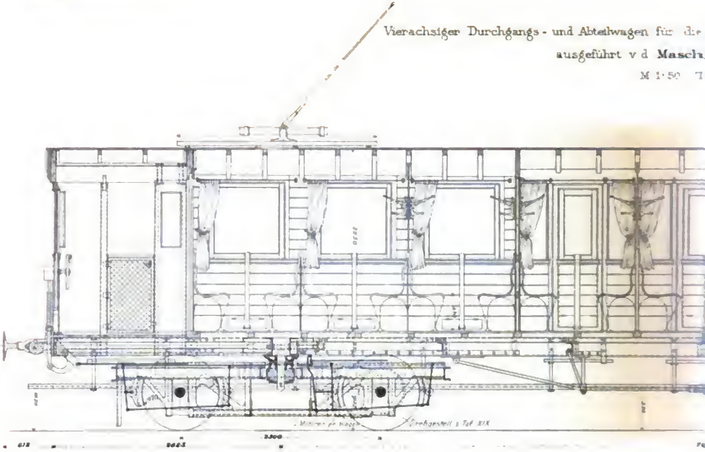
Zweiachsiger Personenwagen mit Gepäck-und Postabteil für Lokalbahnbetrieb. Ausgef. v. d. Masch.-Act.-Ges. Nürnberg. M 1:60. (Text S. 96).

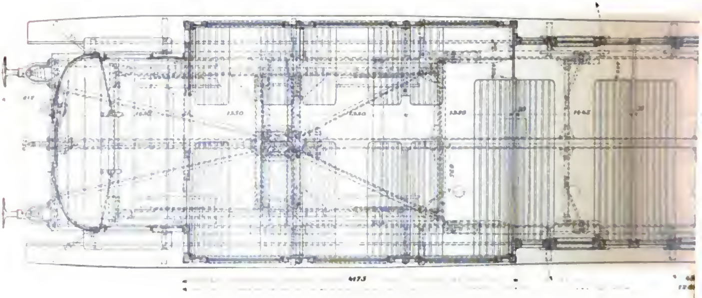
C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden. Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Vierachsiger Durchgangs- und Abteilwagen für die

ausgeführt v. d. Masch.

M 1:50 T



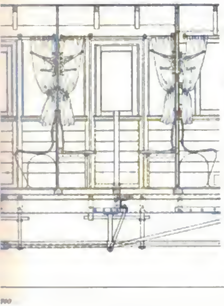


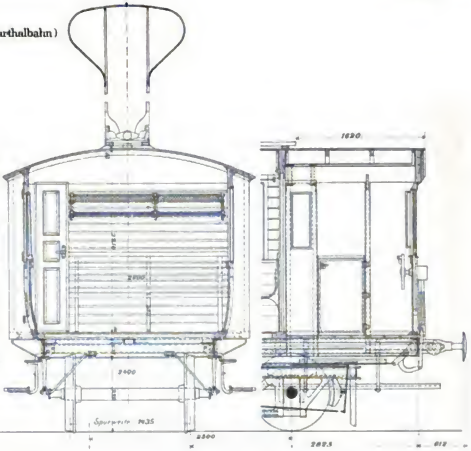
C.W.Kreidel's Verlag Wiesbaden

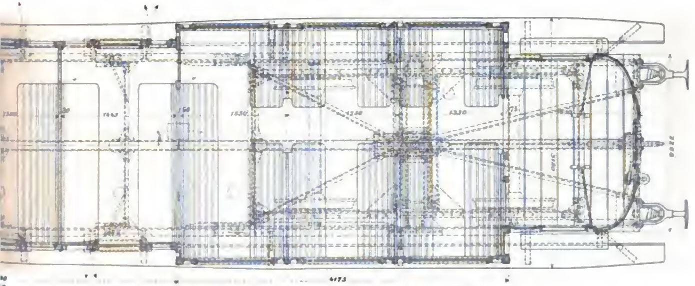
..okalbahn - Actienges. München. (Jsarthalbahn)

Act. - Ges. Nürnberg

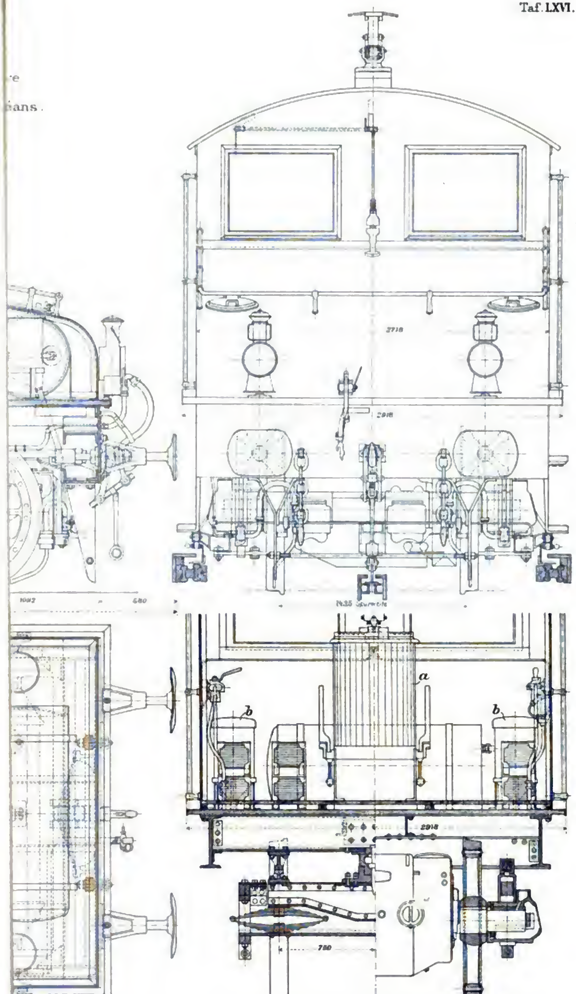
(..d. S. 96)







Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



C. W. Kreidel's Verlag, Wiesbaden.

C. W. KREIDEL's Verlag in WIESBADEN.

Das

Eisenbahn-Maschinenwesen

der Gegenwart.

Unter Mitwirkung von

Borchart, Berlin; **von Borries**, Hannover; **Brückmann**, Chemnitz; **Giesecke**, Hamburg; **Gölsdorf**, Wien; **Grimke**, Frankfurt a. M.; **Halfmann**, Essen; **Kohlhardt**, Essen; **Leifsner**, Berlin; **Leitzmann**, Erfurt; **von Littrow**, Villach; **Patté**, Harburg; **Reimherr**, Altena; **Schrader**, Berlin; **Troske**, Hannover; **Wagner**, Breslau; **Wehrenfennig**, Wien; **Welfs**, München; **Zehme**, Nürnberg.

Herausgegeben von

Blum,
Geheimem Ober-Baurathe,
Berlin.

von Borries,
Regierungs- und Baurathe,
Hannover.

Barkhausen,
Geheimem Regierungsrathe,
Professor an der Technischen Hochschule, Hannover.

Die Locomotiven, Wagen, Bremsen und sonstigen Betriebsmittel, sowie die Eisenbahn-Werkstätten.

Mit 1186 Abbildungen im Texte und 16 lithographirten Tafeln.

Preis 36 Mk., elegant in Halbfranz gebunden 40 Mk.

Dem reichen und tiefen Inhalt des Werkes entspricht die Sprache und sein äufseres Gewand — — Die grofse Reichhaltigkeit an bildlichen Darstellungen mufs dem Werke als besonderer Vorzug nachgerühmt werden. Die Abbildungen sind überall auf die springenden Punkte zugeschnitten. Sehr anzuerkennen ist es, dafs die hauptsächlichsten Abmessungen der Abbildungen beigeschrieben sind; sie sind dem Praktiker von besonderem Werth. — — — Möge das Werk fleifsig gekauft und studirt werden.

Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Die mannigfachen Vorzüge gegenüber Werken ähnlichen Inhaltes im Vereine mit der sehr übersichtlichen Anordnung des Stoffes und der gefälligen äufseren Ausstattung verleihen diesem Werke in hohem Mafse die Eignung, dem bestandenen Bedürfnisse in der eisenbahntechnischen Fachlitteratur zu entsprechen, und zu einem Handbuche zu werden, dessen Vortrefflichkeit sicherlich bald in einer ausgedehnten Verbreitung den besten Ausdruck finden wird.

Rotter, Wien (Organ für Eisenbahnwesen).

— — Das Buch mufs als eine verdienstvolle Arbeit bezeichnet werden, die nicht nur Studirenden, sondern auch allen in der Praxis stehenden Eisenbahntechnikern und Locomotivconstructeuren eine Fülle von Anregung und Belehrung bietet.

Centralblatt für Bauverwaltung.

— — Der Text ist mit grofser Sorgfalt bearbeitet, die Illustrationen sind sehr zahlreich und mustergültig ausgeführt, meistens mit Mafszahlen versehen und streng in technischer Darstellungsweise ausgeführt.

Dingler's Polytechn. Journal.

— — Wir können das Werk als ein durchaus zeitgemäfses begrüfsen, nach dem der in der Praxis stehende Eisenbahnfachmann immer gern wieder greifen wird.

Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen.

Als Werk einer grofsen Zahl von Mitarbeitern, zu denen die angesehensten Fachleute des Eisenbahn-Maschinenwesens zählen, bietet er eine vollständige Uebersicht über den heutigen Stand dieses weiten Gebietes und ertheilt über alle darin vorkommenden Fragen Auskunft. Als Rathgeber darf er allen Fachgenossen, die sich in dieser Richtung zu bethätigen haben, auf Wärmste empfohlen werden.

Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure.

C. W. KREIDEL's Verlag in WIESBADEN.

Ueber die

Anlage von Uebergangs-Bahnhöfen

und den

Betrieb viergleisiger Strecken.

Von

G. Kecker,
Eisenbahn-Betriebsdirector in Metz

Mit einem Vorworte

von

A. Goering,
Professor an der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin

und

31 Abbildungen im Text.

Preis 1 Mark 20 Pf.

Inhalt.

Vorwort.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Eisenbahntechnik besteht in der Vervollkommnung der Bahnhofsanlagen. Obwohl gerade in Deutschland auf diesem Gebiete in den letzten Jahrzehnten Grofses (wenn auch keineswegs immer in einwandfreier Weise) geschehen ist, so bleibt doch noch sehr viel zu thun übrig, allein schon, um der gewaltigen Zunahme des Verkehrs der letzten Jahre und den erhöhten Anforderungen der Gegenwart an Geschwindigkeit und Zugfolge in betriebssicherer und wirthschaftlicher Weise zu entsprechen. Und da inzwischen das Anwachsen des Verkehrs — selbst wenn zeitweilig, wie schon öfter, verkehrsruhigere Zeiten eintreten sollten — doch im ganzen voraussichtlich stets weitergehen wird, so ist auch das Umbauen und Vervollkommnen de Bahnhofsanlagen keineswegs als ein aufsergewöhnlicher, vorübergehender Zustand aufzufassen, wird vielmehr im Haushalte der Eisenbahnen ein ständiges und recht bedeutendes Kapitel bilden. Um so wichtiger ist es für den Eisenbahntechniker, über die Grundzüge der betriebsicheken und zweckmäfsigen Anordnung der Bahnhofsgleise, namentlich für Knoten- und Abzweigungspunkte, möglichster Klarheit zu gewinnen. Gerade in der nächsten Zukunft werden voraussichtlich derartige Fragen — theils bei Vervollkommnung oder Umgestaltung bestehender Anlagen, theils bei Bildung neuer Anschlüsse, u. U. vielleicht auch bei Herstellung dritter und vierter Gleise — in grofser Zahl zu lösen sein.

Unter diesen Umständen erscheint die, auf Grund langjähriger Betriebserfahrung abgefafste Schrift als durchaus zeitgemäfs und besonders geeignet, um bei derartigen Untersuchungen eine klare Grundlage zu gewinnen, wie auch überhaupt das Verständnis des Bahnhofsbetriebs zu fördern. Denn wenn auch in jedem Einzelfalle die örtlichen Verhältnisse manche Besonderheiten verlangen werden, so ist doch die erste Bedingung eines glücklichen Entwurfs stets die Feststellung und Durchführung eines richtigen, klar erkannten Grundgedankens, der in der Führung und Verbindung der den verschiedenen Linien und Zwecken angehörenden Hauptgleise zu Tage tritt.

Und diese Frage in einer grofsen Zahl von Fällen grundsätzlich klarzulegen ist Zweck dieser Schrift. Der Herr Verfasser gelangt dabei überall zu dem Ergebnisse, dafs das Nebeneinanderlegen der Gleise mit gleicher Fahrrichtung die gröfsere Betriebssicherheit und zugleich auch die weitaus bequemere und einfachere Betriebssicherheit ergiebt.

A. Goering,
Professor an der Königlichen Technischen Hochschule Berlin

C. W. KREIDEL's Verlag in WIESBADEN.

Beziehungen zwischen Gleis und rollendem Materiale.

(Bedingungen für die Herstellung des Gleises hinsichtlich der darauf verkehrenden Lasten.)

Die Schwelle und ihr Lager.

Verstärkung der Gleise in Rücksicht auf die Erhöhung der Zuggeschwindigkeit.

Von
Wilhelm Ast,
K. K. Regierungsrath, Baudirector der K. K. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn.

Mit 53 Abbildungen im Texte und 10 Tabellen-Beilagen.

Uebergangsgleise bei Gleisverschiebungen.

Ein Beitrag zur Berechnung von Gleisanlagen

von
Eduard Lang,
Grossherzogl. Bahnbau-Inspector zu Karlsruhe.

Mit 33 Abbildungen im Texte und 1 lithogr. Tafel.

(Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1898. **Beilage.** Preis M. 16.60.)

Die Berichte, für deren Ergebnisse mit ihren zahlreichen Tabellenbeilagen und Abbildungen neben dem reichen Vorrath werthvoller Beiträge im Organ für Eisenbahnwesen selbst kein Raum bleibt, haben auch auf dem Gebiete der Verwerthung der Betriebserfahrungen die weitgehendste Bedeutung für den Eisenbahn-Ingenieur, da sie eine gründliche und völlig selbständige Verarbeitung der Erfahrungen auf Grund der theoretischen Behandlungen dieser Fragen darstellen und so einen hervorragenden Fortschritt der deutschen Technik ausmachen.

Der Verfasser kommt auf diesem Wege der abwägenden Vereinigung von Theorie und Erfahrung zu so sicheren und mafsgebenden Ergebnissen, dafs seine Arbeiten geeignet sind, in höherem Mafse zur Förderung der Lösung der schwierigen Oberbaufragen beizutragen.

Die Schriftleitung glaubte daher den von vielen Seiten ausgesprochenen Wünschen, dafs diese bedeutungsvollen Arbeiten allgemeiner und übersichtlich zugänglich gemacht werden möchten, durch diesen ergänzten Abdruck entsprechen zu sollen. Mit Rücksicht auf ihren Umfang sind sie dem laufenden Jahrgange des „Organ für Eisenbahnwesen" als *Beilage* beigefügt.

Gewissermafsen als Ergänzung zu diesen drei Aufsätzen von Baudirector Ast ist der in der *Beilage* zum Organ für Eisenbahnwesen ebenfalls zum Abdruck gelangende Aufsatz des Grofsherzogl. Bahnbau-Inspectors Lang zu betrachten, der beim Entwerfen neuer Bahnanlagen, insbesondere bei der Einmündung der Gleise in die Bahnhöfe, bei der Anlage von Weichen in gekrümmten Gleisen, bei Bahnumbauten, sowie bei baulichen Veränderungen auf der freien Strecke wichtige Fingerzeige bietet.

Das

Eisenbahn-Bauwesen

für

Bahnmeister und Bauaufseher

als

Anleitung für den praktischen Dienst und zur Vorbereitung für das Bahnmeister-Examen

gemeinfasslich dargestellt von

weil. **A. J. Susemihl,**

Grossherzoglich Mecklenburg-Schwerin'schem Baumeister,
Vorsteher der Hinterpommer'schen Eisenbahn-Bauinspection zu Stargard.

Sechste wesentlich vermehrte Auflage.

Nach des Verfassers Tod weiter bearbeitet und herausgegeben von

Ernst Schubert,

Königlich Preussischem Eisenbahn-Director, Vorstand der K. Eisenbahn-Betriebs-Inspection zu Sorau.

Mit 352 Abbildungen im Text und 8 lithogr. Tafeln.

Preis: Mark 7.20. Geb. Mark 8.—.

Das Buch erscheint in der nunmehr vorliegenden sechsten Auflage in gänzlich neuer Form. An Inhalt, Text, Abbildungen und Tafeln, in weitgehendster, allen neuen Erfahrungen im Eisenbahn-Bauwesen gerecht werdender Weise erweitert und vermehrt, wurde es im Interesse besserer Darstellung der Abbildungen und Tafeln in neuem vergrössertem Formate ausgegeben.

Da seit dem Erscheinen der vorigen Auflage fast sämmtliche Eisenbahn-Verwaltungen Deutschlands und Oesterreichs wesentliche Verstärkungen und Verbesserungen ihres Oberbaues hatten eintreten lassen, wurde der diese Construktionen behandelnde Theil einer durchgehenden Neubearbeitung unterzogen. Die neuesten Gleisanordnungen für Schnellzuglinien wie für die Nebenbahnen wurden dabei in erster Linie beschrieben, jedoch auch noch die älteren Bauweisen besprochen und erläutert, da letztere sich doch noch eine Reihe von Jahren im Gleise befinden und unterhalten werden und deshalb auch dem angehenden Bahnmeister bekannt sein müssen.

Auch die Abschnitte über Einbau und Unterhaltung des Gleises wurden unter Berücksichtigung der neuesten Erfahrungen und Forschungen erweitert.

Die in Preussen in neuester Zeit eingeführten Weichen mit Schienen Nr. 6d wurden ebenfalls mit aufgenommen, wobei die Verzeichnisse der Weichentheile ausführlich wiedergegeben sind.

Durch seine vielseitige literarische Thätigkeit auf diesem Gebiete u. A. auch durch seine Mitarbeit an dem grossen neuen Handbuche **„Die Eisenbahn-Technik der Gegenwart"** war dem Herrn Verfasser Gelegenheit geboten, mit allen Neuerungen bekannt zu werden, und solche in der neuen Auflage von „Susemihl" zu berücksichtigen.

Das Werk bildet infolgedessen ein

vollständiges Lehrbuch des gesammten Eisenbahn-Bauwesens

und wird daher nicht nur zur Vorbereitung für die Bahnmeister-Prüfung dienen, sondern auch den bereits angestellten und im Bahnerhaltungsdienste thätigen Beamten von erheblichem Nutzen sein.

Fortschritte im Bau

der

Eisenbahn-Betriebsmittel.

Herausgegeben

vom

Technischen Ausschusse

des

Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

(Zugleich Ergänzungsband X zum Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung.)

Ein Quartband von zweiundzwanzig Druckbogen mit Abbildungen im Texte und einem Atlas von achtundsiebzig lithographirten Tafeln.

Preis 44 Mk.

Das Erscheinen eines Ergänzungsbandes zum Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens bedeutet jederzeit eine gewichtige Marke in der Geschichte der Entwickelung des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung, sei es, dass darin die Fortschritte der Eisenbahntechnik in ihren verschiedenen Zweigen, während der vergangenen Zeitperiode übersichtlich zusammengestellt werden, sei es, dass der zeitliche Standpunkt eines bestimmten Gebietes der Eisenbahntechnik zur Darstellung gebracht wird. Dem letzteren Zwecke dient der zehnte Ergänzungsband, behandelnd die Fortschritte im Bau der Betriebsmittel.

Das reichhaltige Material ist in zwei stattliche Theile vom Format und in der bekannten gediegenen Ausstattung des Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens gegliedert, der erste Theil die Locomotiven, Tender und deren Einzeltheile, der zweite Theil die Personenwagen, die Post- und Gepäckwagen, die Güterwagen und die Einzelnheiten dieser Wagen umfassend. Soweit irgend thunlich, ist der Wortlaut der Beschreibungen für die einzelnen Betriebsmittel, welcher von den Verwaltungen gewählt ist, beibehalten worden; die Beigabe von Tabellen mit den hauptsächlichsten Abmessungen der Betriebsmittel gleicher Gattung, sowie von Zusammenstellungen der Grundformen derselben in verkleinertem Maasstab erleichtern die Uebersicht in hohem Grade, während das eingehende Studium durch die ausgezeichnete Klarheit der Einzelzeichnungen gefördert wird.

Auf die grosse Menge interessanter Einzelheiten beim Bau der neueren Betriebsmittel hier einzugehen, muss Verzicht geleistet werden. Auch erscheint es kaum nöthig, das eingehende Studium des Werkes hier noch besonders zu empfehlen; das Werk bildet eben ein unentbehrliches Hülfsmittel für den Eisenbahntechniker, insbesondere den Maschinentechniker.

Archiv für Eisenbahnwesen.

Vorwort zur fünften Auflage.

In neuer Bearbeitung erscheint hiermit ein Werk, welches genau vor einem halben Jahrhundert (1852) als das erste dieser Art dem technischen Publikum zu dem Zwecke dargeboten wurde, das Studium der technischen Litteratur aus den Gebieten der drei Hauptsprachen, Deutsch, Englisch, Französisch, zu erleichtern bezw. zu ermöglichen, da die gewöhnlichen Wörterbücher sich hierzu als vollständig unzulänglich erwiesen hatten. Die Fachphilologen standen und stehen der Technik zu fern, um mit genügender Sicherheit die Bedeutung technischer Ausdrücke erkennen und in anderen Sprachen wiedergeben zu können. Deshalb unterzog sich bei der Bearbeitung des vorliegenden Werkes eine kleinere Anzahl sprachkundiger Fachmänner der Aufgabe in der Weise, dass sie zunächst die in der Technik angewendeten Wörter sammelte, dann dieselben nach den Hauptgebieten ordnete und, in dieser Art verteilt, einer grösseren Anzahl von Mitarbeitern, sowohl Vertretern der Wissenschaft als der Praxis, zuwies mit der Bestimmung, die Wiedergabe der einzelnen Wörter in den anderen Sprachen auf Grund von Quellenstudien endgültig festzustellen. Eine besondere Redaktion brachte zuletzt unter sorgfältiger Wahrung der Einheitlichkeit das gesammelte und gesichtete Material in die Form eines Wörterbuches.

Ohne Frage hat unser Wörterbuch ausserordentlich viel zur Förderung der Kenntnisse über den Stand der Technik innerhalb der drei Sprachgebiete zu einer Zeit beigetragen, als man anfing, durch Reisen im Auslande, durch Besuche von Ausstellungen und durch das Studium der fremdsprachlichen Bücher und Zeitschriften sich über die Ausführungsformen der technischen Thätigkeiten anderer Nationen Klarheit zu verschaffen, um die auf solche Weise gewonnenen Kenntnisse fruchtbringend zu verwerten. Die rastlosen Fortschritte, die zahlreichen tief eingreifenden neuen Entdeckungen und Erfindungen mit ihrer Anwendung auf die Technik, die stetig neu auftauchenden Forderungen

und Probleme auf dem Gesamtgebiete des gewerblichen Lebens bedingten naturgemäss eine ebenso ausgiebige Vergrösserung des Wortschatzes, und so sehen wir, dass die Zahl der Wörter von rund 22300 in der ersten Auflage bereits in der zweiten Auflage auf 36100 gestiegen war und in der nunmehr vorliegenden fünften Auflage 56200 erreicht hat.

Grosse Aufmerksamkeit und Umsicht beanspruchte, auch mit Rücksicht auf die für den Gebrauch eines Nachschlagebuches in besonders hohem Grade erwünschte Handlichkeit, die Auswahl der aufzunehmenden Wörter und die Umgrenzung des Gebietes der lediglich technischen Ausdrücke, weil mit einer möglichst weitgehenden Vollständigkeit ein geschlossener Inhalt des Buches anzustreben war, viele technische Ausdrücke aber naturgemäss in das gewöhnliche Sprachgebiet übergreifen und daher oft bei der Redaktion bezüglich ihrer Aufnahme Zweifel und Bedenken hervorrufen mussten.

Auch die jetzigen Herausgeber sind den angedeuteten Grundsätzen treu geblieben und im Sinne derselben bestrebt gewesen, durch weitere Vereinfachung im Druck Raum zu gewinnen, durch Wegschaffen von Unrichtigkeiten die Zuverlässigkeit zu erhöhen sowie durch unausgesetztes Sammeln und Prüfen von Wörtern eine sehr ansehnliche Vermehrung des Wortschatzes herbeizuführen und das ganze Werk auf die Höhe der Zeit zu heben, wobei sie übrigens gern der eifrigen Mithilfe gedenken, welche Herr Professor Rühl als Philolog ihnen durch eine gründliche Durchsicht des Werkes in grammatikalischer Beziehung hat zu teil werden lassen.

Aus Besprechungen des I. Bandes:

Bei der Anzeige des Erscheinens der fünften Anflage dieses Bandes können wir uns betreffs der Besprechung des Werkes kurz fassen, es hat sich im Laufe der beiden letzten Jahrzehnte Weltruf erworben, ist als klassisches Werk zu bezeichnen und steht heute wohl an der Spitze der internationalen technischen Wörterbücher, verdient also die eifrigste Unterstützung aller technischen Kreise. In dieser Beziehung benutzen wir diese Gelegenheit, um auf die unendliche Schwierigkeit der Schöpfung und Fortführung eines solchen Werkes hinzuweisen. Studium der grossen allgemeinen Wörterbücher hilft hier nichts, denn der Sinn der Wörter, der hier hervorgehoben werden muss, ist dort der Regel nach nicht betont, ja es kommen viele Ausdrücke vor, die in den allgemeinen Sprachschatz nicht übergegangen und daher oft selbst in grössere Wörterbücher gar nicht aufgenommen sind. Für das vorliegende Werk musste also an die Sammlung der Wörter ganz neu herangetreten werden. Jeder, der sich die Entstehung eines Wörterbuches klar gemacht hat, weiss, wie schwierig in sachlicher Beziehung und wie ermüdend in persönlicher Hinsicht diese Aufgabe ist. Die fünf Auflagen haben nun das Werk zu einem hohen Grade der Vollendung geführt . . . *Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen 1902.*

Als Beweis für die Sorgfältigkeit, mit der das Buch verfasst ist, sei hier nur angeführt, dass z. B. bei der Übersetzung bergmännischer Ausdrücke die verschiedenen fremdsprachlichen Worte unter Angabe der Bergwerksdistrikte, in denen sie üblich sind, angeführt werden. *„Glückauf" 1902.*

. . . Mit grosser Sorgfalt ist die Wiedergabe der einzelnen, einander entsprechenden Ausdrücke in den drei Sprachen erfolgt, sodass das Wörterbuch als durchaus zuverlässig angesehen werden kann . . . *Archiv für Eisenbahnwesen 1902.*

. . . Das vorliegende Werk hat in einem halben Jahrhundert fünf Auflagen erlebt, indem es zuerst im Jahre 1852 erschien, und damit wohl unstreitig den Nachweis erbracht, dass es einem vielfach empfundenen Bedürfnisse entspricht. Das vorliegende Wörterbuch verdankt nun dem Bedürfnisse, die in der Technik angewendeten Wörter in vollkommen zutreffender Weise übersetzt zu finden, sein Entstehen. Dass es sich bewährt hat und von den Gebrauchern als zuverlässig erprobt worden ist, das beweist der Erfolg, der ihm treu geblieben . . . *Zeitschrift des österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereins 1902.*

. . . Es ist dieses das vollständigste technologische Wörterbuch, welches wir kennen. Es umfasst Ausdrücke, die in den verschiedensten Zweigen der Ingenieurwissenschaften gebräuchlich sind, und auch in Bezug auf Elektrotechnik muss dem Buche ein hoher Grad von Vollständigkeit und Genauigkeit zuerkannt werden . . . *Elektrotechnische Zeitschrift 1902.*

Satzprobe nebenstehend!

Satzprobe aus dem I. Bande:

Wechselwinkel — Wehen lassen.

Wechselwinkel *m. pl.* (Geom.). *Alternate angles pl.* Angles *m. pl.* alternés.

Wechseln den Zug (Eisenb.). *To change the train.* Changer *m.* le train.

W— den Anzug. *To change dress.* Changer tenue *f.*

W — eine Raa (Seew.). *To shift a yard.* Changer une bergue.

W— die Schoten der Klüver (Seew.). *To shift the sheets.* Changer les écoutes.

W— ein Segel (Seew.). *To shift a sail.* Changer une voile.

W— Signale (Schiffb.). *To exchange.* Échanger.

Wecker *m.* (Uhrm.). *Alarm, alarum.* Réveil *m.*

W— mit Selbstunterbrechung (Tel.). *Trembler, trembling-bell.* Sonnerie *f.* à trembleur.

W—, auf — legen (Tel.). *To put a bell in circuit.* Mettre sur sonnerie.

W—leitung *f.* (Tel. u. Teleph.). *Bell-line wire.* Fil *m.* de sonnerie.

W—taste *f.* (Tel.). *Bell-push.* Bouton *m.* de sonnerie.

W— — mit Rücksignal (Tel.). *Repeating bell-push.* Bouton de sonnerie à répétition.

W—uhr *f.* (Uhrm.). *Alarum, alarum-clock.* Pendule *f.* à réveil.

Weede *f.* (Befest.). *Sieh* B i n d e w e i d e.

Weg *m.* (Strassenb.). *Way, road.* Chemin *m.*, voie *f.*, route *f.*

W— mit festem Steingrunde, **geschlagener —.** *Metalled road.* Chemin ferré.

Wegnahme *f.* eines Schiffes (Seerecht.). *Capture of a ship.* Prise *f.* ou capture *f.* d'un navire.

W—nehmen, stehlen, abkneifen den Wind (Seew.). *To take the wind out of a sail, to belee, to becalm a sail* or *a vessel.* Dérober, manger le vent à dérober.

W— — *n.* eines Bogengerüstes (Bauw.). *Striking* or *taking-down a center.* Décintrement *m.*

W—reissen *n.* des Heftumschlags (Buchb.). *Tearing-off the cover of a sewed book, unstitching.* Débrochage *m.*

W—säule *f.*, **—weiser** *m.*, **—zeiger** *m.* (Strassenb.). *Hand-post, sign-post, finger-post, way-work.* Poteau *m.* guide, poteau indicateur colonne *f.* à bras, colonne itinéraire.

W—schaffung *f.* (Math.). *Sieh* E l i m i n a t i o n.

W—schranke *f.* (Eisenb.). *Railway gate.* Barrière *f.*

W - thun ein Bohrloch (Bergb.). *To shoot* or *to blast a hole.* Tirer un trou de mine.

W— — *n.*, **Losschiessen** *n.* eines Bohrloches oder Sprengschusses (Bergb.). *Shooting* or *blasting of a bore-hole.* Tirage *m.* d'un coup de mine.

W—treten! Tretet weg! Kommando im Seewesen. *Break off the rangs!* Rompez les rangs!

W—überführung *f.*, **Wegebrücke** *f.* über der Bahn (Eisenb.). *Crossing over the railway, over-bridge.* Passage *m.* en dessus ou par dessus, viaduc *m.* en dessus des rails.

Satzprobe aus dem II. Bande:

Undulation (Mech.). *Die Wellenbewegung.* Ondulation *f.*

U—, waving (Mech., Phys.). *Die Schwingungswelle.* Ondulation.

U— of a bridge, **undulating movement** or **motion, rocking** (Pont.). *Das Schwanken, das Wanken.* Balancement *m.*, tangage *m.* d'un pont de bateaux.

U— of ground (Topogr.). *See* R i d e a n.

U— of a locomotive (Railw.). *Das Rücken, das Zucken.* Tangage d'une locomotive.

Undulatory (Geom., Phys.). *Wellenförmig.* Ondulatoire.

Unenclosed, characterising the coundry (Topogr.). *See* O p e n.

Uneven, characterising the gronnd (Topogr.). *See* R o u g h.

U— height (Build.). *Die Ausduchtung.* Désaffleurement *m.*

Unevenness in the barrel of a gun (Gun-m.). *Die Schwelle, die Unebenheit in einem Gewehrlauf.* Durillon *m.* d'un canon de carabine.

Unfermented. *Ungegohren.* Muet.

Unfixed (Min.). *Rollig.* Mouvant.

U— masses *pl. Rollige Massen f. pl.* Terrains *m. pl.* mouvants.

to Ungear wheels (Mach.). *Räder ausrücken, aus dem Getriebe oder Eingriff bringen.* Désengrener des roues.

to Ungild. *Entgolden, die Vergoldung abnehmen.* Dédorer.

Unguent (Chem.). *Das Fett, die Schmiere.* Enduit *m.*, graisse *f.*

Ungula, a part cut of a cone or cylinder by a plane passing obliquely through the base (Geom.). *Der Huf.* Onglet *m.*

to Unhair the hides, **to shear rough-ly** (Tann.). *Enthaaren, abpälen, abhaaren, reinigen.* Débourrer les peaux, ébourrer, épiler, dépiler, surtondre.

Unhairing the hide, **rough-shearing** (Tann.). *Das Abhaaren, Enthaaren, das Reinigen, das Abpälen der Narbenseite.* Épilage *m.*, débourrage *m.* de la peau, ébourrage *m.*, débourrement *m.*, surtonte *f.*

to Unhang the rudder (Mar.). *See* t o U n s h i p etc.

Unhardened. *Ungehärtet.* Non trempé.

Uniform (Geom., Mech.). *Gleichförmig, gleichmässig.* Homogène, uniforme.

U—, said of a power (Mech.). *Beständig, konstant.* Constant.

Uninflammable coal (Met.). *See under* C o a l.

Union (Navig.). *Die Unionsflagge von Grossbritanien und Irland.* Pavillon *m.* Anglais.

U— down. *Die verkehrt gehisste Flagge.* Pavillon renversé.

U— jack (Shipb.). *Die Gösch.* Yack *m.* ou yacht *m.*, pavillon de beaupré.

U—nut (Techn.). *See* C o u p l i n g.

U—screw, —joint (Loc.). *Die Schraubenverbindung der Wasserleitung zwischen Tender und Lokomotive.* Raccord *m.* à vis.